

Meningkatkan Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Calon Guru IPA Melalui Implementasi Model *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Ahmad Fauzi Hendratmoko^{1*}

¹Program Studi S-1 Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

*E-mail: ahmadhendratmoko@unesa.ac.id

Abstrak

Argumentasi ilmiah merupakan salah satu keterampilan yang harus dimiliki oleh mahasiswa calon guru IPA. Keterampilan tersebut dibutuhkan oleh mahasiswa untuk dapat berhasil dalam bidang akademik dan karir di era saat ini. Keterampilan tersebut juga merupakan salah satu praktik inti yang harus diterapkan dalam pembelajaran IPA. Meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah pada diri mahasiswa calon guru IPA merupakan salah satu program penting untuk menghasilkan guru IPA yang berkualitas. Hal tersebut dapat dilakukan melalui implementasi model ADI. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa sebagai dampak implementasi model ADI. Penelitian ini dilakukan dengan *one-group pretest-posttest design* dengan analisis *normalized change*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi model ADI berdampak positif terhadap peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa. Peningkatan tersebut berada pada kategori sedang dengan rata-rata skor *normalized change* sebesar 0.39. Implementasi model ADI berdampak signifikan terhadap peningkatan indikator *claim*, *evidence*, dan *reasoning*. Namun, implementasi model ADI dalam penelitian ini belum berpengaruh signifikan terhadap peningkatan indikator *counterclaim* dan *rebuttal*.

Kata kunci: *Argumentasi Ilmiah, Argument-Driven Inquiry, Mahasiswa Calon Guru IPA*

PENDAHULUAN

Kehidupan pada abad ke-21 menuntut mahasiswa untuk memiliki keterampilan yang berkesesuaian dengan perkembangan zaman dan kompleksitas masyarakat modern, yang salah satunya adalah keterampilan argumentasi ilmiah [1]–[5]. Hal tersebut merupakan keterampilan yang berperan penting terhadap keberhasilan mahasiswa dalam bidang akademik dan karir [6], [7]. Keterampilan ini dibutuhkan mahasiswa dalam mengembangkan pengetahuan [8] dan pemahaman konseptual [9]–[13]. Keterampilan ini berkaitan erat dengan berpikir kritis [14]–[18] dan dibutuhkan dalam mengungkapkan pendapat, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari [19].

Argumentasi ilmiah merupakan keterampilan yang dibutuhkan dan berperan penting dalam pembelajaran IPA [20]–[22]. Hal tersebut menjadikan argumentasi ilmiah sebagai fokus utama pemangku kebijakan pada bidang pendidikan di berbagai belahan dunia [23], [24]. Dalam sudut pandang IPA, argumentasi merupakan proses mengonstruksi pengetahuan melalui penyampaian klaim, pembuktian kebenaran klaim, dan mempertahankan klaim tersebut dari berbagai pandangan yang berbeda [25].

Praktik berargumentasi secara ilmiah tidak hanya terjadi di lingkungan formal seperti ruang kelas, namun juga di lingkungan informal [26]. Lingkungan informal menawarkan lebih banyak waktu dan ruang yang berharga untuk melakukan kegiatan pembelajaran lintas disiplin dan berbasis masalah guna mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah, terutama untuk meningkatkan sintesis bukti dari berbagai sumber [27]. Baik secara formal maupun informal, guru IPA merupakan pelaksana utama dalam pengajaran keterampilan argumentasi ilmiah untuk siswa. Oleh karena itu, meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah pada diri mahasiswa calon guru IPA merupakan salah satu program penting untuk menghasilkan guru IPA yang berkualitas.

Meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah membutuhkan desain pembelajaran yang memberikan banyak kesempatan kepada mahasiswa untuk membangun dan mengkritik argumen, membuat klaim, dan menggunakan bukti dalam proses penalaran berdasarkan kegiatan inkuiri [28]. Di sisi lain, argumentasi ilmiah dapat membantu membangun penjelasan ilmiah untuk meningkatkan kualitas inkuiri mahasiswa [29]. Inkuiri dan argumentasi ilmiah merupakan komponen utama dari proses pembelajaran IPA yang dapat digunakan untuk memberikan bimbingan belajar dan memungkinkan mahasiswa untuk memperoleh cara berpikir dan berlatih ilmiah, serta mendorong pengembangan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk membentuk pemahaman konseptual yang bermakna [30], [31].

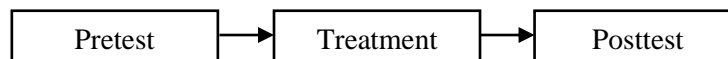
Kegiatan pembelajaran berbasis inkuiri memiliki potensi untuk meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa [32], [33], [42]–[44], [34]–[41]. *Argument-Driven Inquiry* (ADI) adalah salah satu model pembelajaran berbasis inkuiri yang dapat digunakan untuk memfasilitasi dan meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah [13],

[45]–[48]. Model ADI didesain untuk memberikan kesempatan belajar kepada mahasiswa dalam menyelidiki ilmiah secara reflektif sehingga dapat mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiahnya [48], [49].

Model ADI merupakan model pembelajaran yang mampu mendorong mahasiswa dalam keterlaksanaan kegiatan pembelajaran interdisipliner, seperti pembelajaran IPA, dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep dan praktis. Implementasi model pembelajaran ini dimaksudkan supaya mahasiswa mampu mendesain sendiri kegiatan penyelidikannya, mengumpulkan dan mengevaluasi data hasil penyelidikan, membuat dan menilai argumen, serta mampu membuat laporan hasil penyelidikan [50]. Hal tersebut pada akhirnya dapat berdampak pada peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa calon guru IPA melalui implementasi model ADI.

METODE

Penelitian ini menggunakan *one-group pretest-posttest design*. Penelitian ini dilakukan pada satu kelompok, validitas internal terbatas, dan tidak terdapat kelompok kontrol [51]. Desain penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian

Kegiatan penelitian diawali dengan memberikan *pretest* kepada mahasiswa. Hal tersebut digunakan untuk mengetahui keterampilan argumentasi ilmiah awal mahasiswa sebelum mengikuti kegiatan pembelajaran. Selanjutnya, mahasiswa diberikan perlakuan, yaitu pembelajaran dengan mengimplementasikan model ADI. Setelah seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran telah dilakukan, mahasiswa diberikan *posttest* guna mengukur keterampilan argumentasi ilmiah akhir yang dimiliki oleh mahasiswa.

Skor *pretest* dan *posttest* digunakan sebagai dasar dalam menentukan kategori keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa. Kategori keterampilan argumentasi ilmiah tersebut disajikan dalam Tabel 1 [36].

Tabel 1. Kategori Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa

Skor	Kategori Keterampilan Argumentasi Ilmiah
0.00 – 0.75	<i>Beginner</i>
0.76 – 1.50	<i>Intermediate</i>
1.51 – 2.25	<i>Advanced</i>
2.26 – 3.00	<i>Proficient</i>

Skor *pretest* dan *posttest* juga digunakan sebagai acuan dalam mengukur dan menentukan peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa sebagai dampak implementasi model ADI. Skor *pretest* dan *posttest* tersebut dianalisis menggunakan persamaan *normalized change (c)* [52], [53], sebagai berikut.

$$c = \begin{cases} \frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Max} - \text{Pretest}} & \text{Posttest} > \text{Pretest} \\ \text{drop} & \text{Posttest} = \text{Pretest} = \text{Max or Min} \\ 0 & \text{Posttest} = \text{Pretest} \\ \frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Pretest} - \text{Min}} & \text{Posttest} < \text{Pretest} \end{cases}$$

Peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa diklasifikasikan menjadi beberapa kategori peningkatan. Kategori-kategori tersebut didasarkan pada skor *normalized change (c)*. Kategori peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah sebagai dampak dari implementasi model ADI disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Peningkatan Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa

Skor <i>c</i>	Kategori Peningkatan
< 0.00	Tidak Terjadi Peningkatan (Penurunan)
0.00 – 0.30	Rendah
0.31 – 0.70	Sedang
0.71 – 1.00	Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

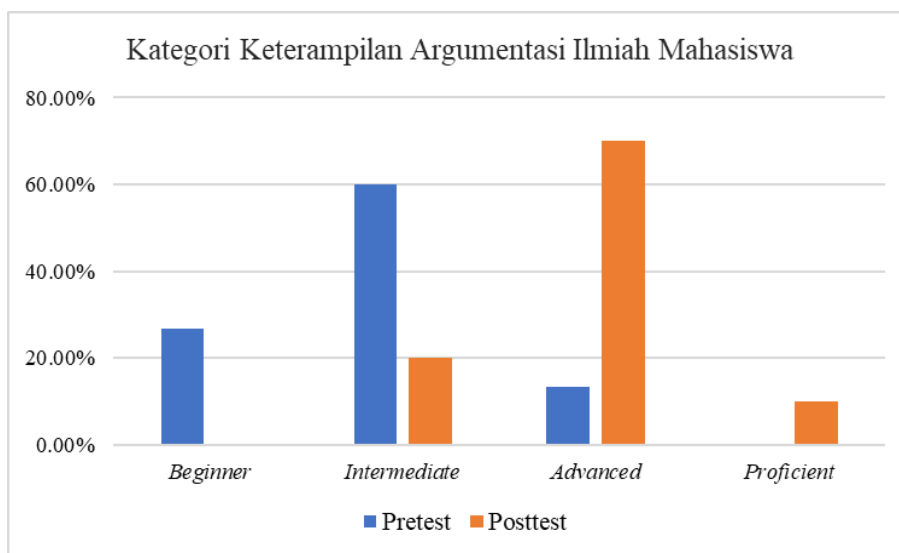
Keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa diukur menggunakan tes keterampilan argumentasi ilmiah yang diberikan sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran dengan menggunakan model ADI. Hasil tes keterampilan argumentasi ilmiah, baik *pretest*, *posttest*, dan skor *normalized change* disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Skor *Pretest*, *Posttest*, dan *Normalized Change* Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa

Mhs.	Pretest							Posttest							Peningkatan	
	Indikator					NA	Kategori	Indikator					NA	Kategori	(c)	Kategori
	C	E	R	Cc	Rb			C	E	R	Cc	Rb				
1	2	2	1	0	0	1	Intermediate	3	3	3	1	1	2.2	Advanced	0.60	Sedang
2	2	2	2	1	1	1.6	Advanced	3	3	2	2	1	2.2	Advanced	0.43	Sedang
3	2	2	1	1	0	1.2	Intermediate	3	3	2	1	0	1.8	Advanced	0.33	Sedang
4	2	2	1	1	0	1.2	Intermediate	3	3	1	1	0	1.6	Advanced	0.22	Rendah
5	3	3	1	1	0	1.6	Advanced	3	3	3	1	0	2	Advanced	0.29	Rendah
6	1	1	1	0	0	0.6	Beginner	2	2	2	1	1	1.6	Advanced	0.42	Sedang
7	2	1	1	0	0	0.8	Beginner	3	3	2	0	0	1.6	Advanced	0.36	Sedang
8	3	2	1	0	0	1.2	Intermediate	3	3	2	1	0	1.8	Advanced	0.33	Sedang
9	2	2	1	1	1	1.4	Intermediate	3	3	1	2	1	2	Advanced	0.38	Sedang
10	1	1	1	0	0	0.6	Beginner	3	3	3	2	1	2.4	Proficient	0.75	Tinggi
11	2	2	2	1	0	1.4	Intermediate	3	3	2	1	1	2	Advanced	0.38	Sedang
12	2	2	2	0	0	1.2	Intermediate	2	2	2	1	0	1.4	Intermediate	0.11	Rendah
13	3	1	1	0	0	1	Intermediate	3	2	1	1	0	1.4	Intermediate	0.20	Rendah
14	2	1	1	2	1	1.4	Intermediate	3	3	3	2	1	2.4	Proficient	0.63	Sedang
15	2	1	1	1	1	1.2	Intermediate	3	2	2	1	0	1.6	Advanced	0.22	Rendah
16	1	1	1	0	0	0.6	Beginner	3	3	3	0	0	1.8	Advanced	0.50	Sedang
17	2	1	0	0	0	0.6	Beginner	3	3	3	1	0	2	Advanced	0.58	Sedang
18	3	2	1	0	0	1.2	Intermediate	3	3	2	1	1	2	Advanced	0.44	Sedang
19	3	1	1	1	1	1.4	Intermediate	3	3	3	2	1	2.4	Proficient	0.63	Sedang
20	2	2	1	0	0	1	Intermediate	3	2	1	1	1	1.6	Advanced	0.30	Rendah
21	2	2	2	0	0	1.2	Intermediate	3	3	3	1	1	2.2	Advanced	0.56	Sedang
22	1	1	1	0	0	0.6	Beginner	2	2	1	0	0	1	Intermediate	0.17	Rendah
23	3	1	0	0	0	0.8	Intermediate	3	2	1	1	0	1.4	Intermediate	0.27	Rendah
24	2	2	2	1	1	1.6	Advanced	3	3	2	1	1	2	Advanced	0.29	Rendah
25	3	2	1	0	0	1.2	Intermediate	3	3	2	1	0	1.8	Advanced	0.33	Sedang
26	2	1	0	0	0	0.6	Beginner	3	2	1	1	0	1.4	Intermediate	0.33	Sedang
27	3	3	1	1	0	1.6	Advanced	3	3	3	1	1	2.2	Advanced	0.43	Sedang
28	2	1	1	0	0	0.8	Intermediate	3	2	2	1	0	1.6	Intermediate	0.36	Sedang
29	2	2	2	1	0	1.4	Intermediate	3	3	3	1	1	2.2	Advanced	0.50	Sedang
30	2	1	0	0	0	0.6	Beginner	3	3	2	1	0	1.8	Advanced	0.50	Sedang
Rata-rata	2.13	1.6	1.07	0.43	0.2	1.09	Intermediate	2.9	2.7	2.10	1.07	0.47	1.85	Advanced	0.39	Sedang

Keterangan: C: Claim, E: Evidence, R: Reasoning, Cc: Counterclaim, Rb: Rebuttal, NA: Nilai Akhir

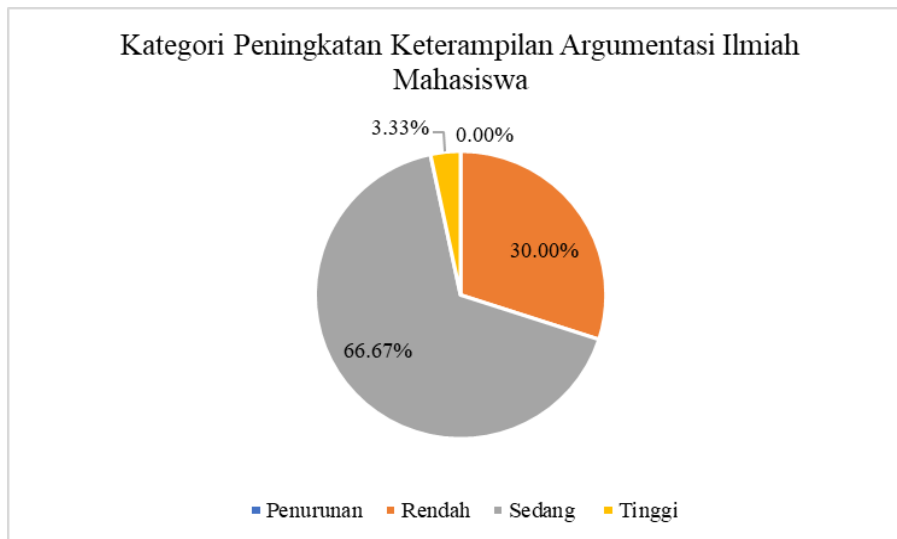
Skor *pretest* menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa memiliki keterampilan argumentasi ilmiah yang berada pada kategori *intermediate*. Sementara itu, hasil *posttest* menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa memiliki keterampilan argumentasi ilmiah berkategori *advanced*. Hal tersebut menunjukkan adanya perubahan kualitas keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa sebagai dampak dari implementasi model ADI. Persentase capaian kategori keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kategori Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Berdasarkan Skor *Pretest* dan *Posttest*

Analisis *normalized change* menunjukkan skor peningkatan rata-rata sebesar 0,39 (lihat tabel 3). Hal tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa sebagai dampak dari implementasi

model ADI berada pada kategori peningkatan sedang. Persentase kategori peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Peningkatan Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Berdasarkan Analisis *Normalized Change*

Keterampilan argumentasi ilmiah diukur berdasarkan 5 indikator, yaitu *claim*, *evidence*, *reasoning*, *counterclaim*, dan *rebuttal*. Capaian setiap indikator keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* serta peningkatannya disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Capaian Setiap Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah

Indikator	Pretest		Posttest		Peningkatan	
	Skor Rata-rata	Kategori	Skor Rata-rata	Kategori	Skor (e)	Kategori
<i>Claim</i>	2.13	<i>Proficient</i>	2.9	<i>Proficient</i>	0.89	Tinggi
<i>Evidence</i>	1.6	<i>Advanced</i>	2.7	<i>Proficient</i>	0.79	Tinggi
<i>Reasoning</i>	1.07	<i>Intermediate</i>	2.1	<i>Advanced</i>	0.53	Sedang
<i>Counterclaim</i>	0.43	<i>Beginner</i>	1.07	<i>Intermediate</i>	0.25	Rendah
<i>Rebuttal</i>	0.2	<i>Beginner</i>	0.47	<i>Beginner</i>	0.10	Rendah

B. Pembahasan

ADI merupakan salah satu pendekatan inkuiri berbasis argumentasi terstruktur [5]. Model pembelajaran ini menekankan kegiatan pembelajaran berbasis penyelidikan dan argumentasi untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memahami konsep IPA dengan baik [5], [48]. Dalam pembelajaran berbasis ADI, mahasiswa dituntut untuk melakukan pengidentifikasian tugas dan pertanyaan inkuiri, melakukan penyelidikan guna mengumpulkan data, dan membuat argumentasi tentatif berdasarkan data yang telah diperoleh [54].

Implementasi model ADI terbukti dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa calon guru IPA. Peningkatan tersebut berada pada kategori sedang dengan rata-rata skor *normalized change* sebesar 0.39 (lihat Tabel 3). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa model ADI berpengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah [54]–[57]. Hal tersebut disebabkan proses pembelajaran berbasis ADI meliputi kegiatan penyelidikan melalui praktikum sehingga menumbuhkan argumentasi ilmiah dalam memberikan klaim, intepetasi data yang diperoleh, memberikan penjelasan serta sanggahan terhadap ide-ide yang berbeda pada saat sesi argumentasi [58].

Skor *pretest* dan *posttest* menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan (lihat Gambar 2). Hasil *pretest* menunjukkan informasi bahwa mayoritas mahasiswa memiliki keterampilan argumentasi ilmiah awal berkategori *intermediate*. Namun, setelah mengikuti kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model ADI, mayoritas mahasiswa memiliki keterampilan argumentasi ilmiah berkategori *advanced*. Hal tersebut memperkuat pernyataan sebelumnya, bahwa implementasi model ADI terbukti dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa.

Keterampilan argumentasi ilmiah yang diukur dalam penelitian ini terdiri atas 5 indikator, yaitu *claim*, *evidence*, *reasoning*, *counterclaim*, dan *rebuttal*. Di mana berdasarkan hasil *pretest*, diketahui bahwa rata-rata mahasiswa telah mampu menyajikan *claim* dan *evidence* dengan cukup baik. Namun, mahasiswa masih belum mampu untuk menyajikan *reasoning*, *counterclaim*, dan *rebuttal* (lihat Tabel 4). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa umumnya masih tergolong rendah [1], [39], [59]–[65]. Tingginya pencapaian mayoritas mahasiswa hanya pada indikator *claim*, namun tidak pada indikator lainnya [66]. Kualitas keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa sebagian besar berada pada level 1 yaitu argumen yang dibangun

atas klaim sederhana dan mahasiswa terkadang membuat klaim yang didasarkan pada pemahaman konseptual yang kurang tepat [67].

Implementasi model ADI dapat meningkatkan ketercapaian indikator keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil *posttest*, di mana mahasiswa telah mampu menghasilkan *claim*, *evidence*, dan *reasoning* dengan cukup baik (lihat Tabel 4). Namun, untuk indikator *counterclaim* dan *rebuttal* nampaknya mahasiswa masih kesulitan untuk menghadirkannya dalam proses berargumentasi secara ilmiah. *Counterclaim* dan *rebuttal* merupakan indikator yang kompleks [68], [69] dan tidak mudah dipelajari [70]. Mahasiswa membutuhkan bimbingan dan waktu yang lebih untuk mengoptimalkan kedua indikator tersebut.

Secara umum, implementasi model ADI dapat meningkatkan ketercapaian indikator *claim*, *evidence*, dan *reasoning*. Namun, implementasi model ADI belum cukup berpengaruh signifikan terhadap peningkatan indikator *counterclaim* dan *rebuttal*. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian terdahulu, di mana pembelajaran berbasis inkuiri dapat melatih sikap ilmiah, memfasilitasi penyelidikan untuk menemukan bukti ilmiah, mengembangkan penjelasan berdasarkan bukti ilmiah, dan membiasakan mahasiswa berdiskusi dalam menerima dan menolak pendapat yang pada akhirnya akan berdampak pada kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa khususnya pada indikator *claim*, *evidence*, dan *reasoning* [71]. Kegiatan diskusi pada pembelajaran berbasis inkuiri, seperti implementasi model ADI, tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan *counterclaim* dan *rebuttal* [36].

Rendahnya peningkatan kualitas *counterclaim* dan *rebuttal* pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat keterbatasan dari model ADI dalam meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa. Di sisi lain, untuk meningkatkan kedua indikator tersebut, terdapat kebutuhan untuk mengintegrasikan pembelajaran berbasis inkuiri dengan debat [72]. Oleh karena itu, sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan untuk mengintegrasikan pembelajaran berbasis inkuiri, implementasi model ADI, dengan metode debat guna meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa secara optimal.

SIMPULAN

Implementasi model ADI terbukti dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa calon guru IPA. Peningkatan tersebut berada pada kategori sedang. Implementasi model ADI dapat berpengaruh signifikan terhadap peningkatan ketercapaian indikator *claim*, *evidence*, dan *reasoning*. Namun, implementasi model ADI belum cukup berpengaruh signifikan terhadap peningkatan indikator *counterclaim* dan *rebuttal*. Hal tersebut mengindikasikan perlu adanya modifikasi dalam implementasi model ADI, misalnya dengan menambahkan kegiatan debat dalam proses pembelajaran.

REFERENSI

- [1] N. I. Noviyanti, W. Rosyadah Mukti, I. Dahlia Yuliskurniawati, S. Mahanal, and S. Zubaidah, “Students’ Scientific Argumentation Skills Based on Differences in Academic Ability,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1241, no. 1, p. 012034, Jun. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1241/1/012034.
- [2] N. G. Lobczowski, E. M. Allen, C. M. Firetto, J. A. Greene, and P. K. Murphy, “An Exploration of Social Regulation of Learning During Scientific Argumentation Discourse,” *Contemp. Educ. Psychol.*, vol. 63, p. 101925, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.cedpsych.2020.101925.
- [3] O. Noroozi, H. Dehghanzadeh, and E. Talaei, “A Systematic Review on The Impacts of Game-Based Learning on Argumentation Skills,” *Entertain. Comput.*, vol. 35, p. 100369, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.entcom.2020.100369.
- [4] B. S. Haug and S. M. Mork, “Taking 21st Century Skills From Vision to Classroom: What Teachers Highlight as Supportive Professional Development in the Light Of New Demands from Educational Reforms,” *Teach. Teach. Educ.*, vol. 100, p. 103286, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.tate.2021.103286.
- [5] H. O. Arslan, M. Genc, and B. Durak, “Exploring the effect of argument-driven inquiry on pre-service science teachers’ achievement, science process, and argumentation skills and their views on the ADI model,” *Teach. Teach. Educ.*, vol. 121, p. 103905, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.tate.2022.103905.
- [6] K. Guo, Y. Zhong, D. Li, and S. K. W. Chu, “Effects of chatbot-assisted in-class debates on students’ argumentation skills and task motivation,” *Comput. Educ.*, vol. 203, p. 104862, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2023.104862.
- [7] C.-Y. Fan and G.-D. Chen, “A scaffolding tool to assist learners in argumentative writing,” *Comput. Assist. Lang. Learn.*, vol. 34, no. 1–2, pp. 159–183, Jan. 2021, doi: 10.1080/09588221.2019.1660685.
- [8] H.-Y. Ho *et al.*, “Above-And Below-Average Students Think Differently: Their Scientific Argumentation Patterns,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 34, p. 100607, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.tsc.2019.100607.
- [9] J. A. Greene, B. M. Cartiff, and R. F. Duke, “A Meta-Analytic Review of the Relationship Between Epistemic Cognition and Academic Achievement,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 110, no. 8, pp. 1084–1111, Nov. 2018, doi: 10.1037/edu0000263.
- [10] Q. Jin and M. Kim, “Supporting Elementary Students’ Scientific Argumentation with Argument-Focused

- Metacognitive Scaffolds (AMS),” *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 43, no. 12, pp. 1984–2006, Aug. 2021, doi: 10.1080/09500693.2021.1947542.
- [11] A. Larrain, P. Freire, P. López, and V. Grau, “Counter-Arguing During Curriculum-Supported Peer Interaction Facilitates Middle-School Students’ Science Content Knowledge,” *Cogn. Instr.*, vol. 37, no. 4, pp. 453–482, Oct. 2019, doi: 10.1080/07370008.2019.1627360.
- [12] I. L. L. Ping, L. Halim, and K. Osman, “Explicit Teaching of Scientific Argumentation as An Approach in Developing Argumentation Skills, Science Process Skills and Biology Understanding,” *J. Balt. Sci. Educ.*, vol. 19, no. 2, pp. 276–288, Apr. 2020, doi: 10.33225/jbse/20.19.276.
- [13] S. Rahayu, K. E. . Bambut, and F. Fajaroh, “Do Different Discussion Activities in Developing Scientific Argumentation Affect Students’ Motivation in Chemistry?,” *J. Cakrawala Pendidik.*, vol. 39, no. 3, pp. 679–693, Oct. 2020, doi: 10.21831/cp.v39i3.32228.
- [14] L. Y. Hong and C. A. Talib, “Scientific Argumentation in Chemistry Education: Implications and Suggestions,” *Asian Soc. Sci.*, vol. 14, no. 11, pp. 16–29, Oct. 2018, doi: 10.5539/ass.v14n11p16.
- [15] D. Kuhn, “Critical Thinking as Discourse,” *Hum. Dev.*, vol. 62, no. 3, pp. 146–164, 2019, doi: 10.1159/000500171.
- [16] V. Giri and M. U. Paily, “Effect of Scientific Argumentation on the Development of Critical Thinking,” *Sci. Educ.*, vol. 29, no. 3, pp. 673–690, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11191-020-00120-y.
- [17] J. Convertini, “An Interdisciplinary Approach to Investigate Preschool children’s Implicit Inferential Reasoning in Scientific Activities,” *Res. Sci. Educ.*, vol. 51, no. 1, pp. 171–186, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11165-020-09957-3.
- [18] C. Rapanta and K. Jordanou, “Argumentation and critical thinking,” in *International Encyclopedia of Education(Fourth Edition)*, Elsevier, 2023, pp. 575–587.
- [19] W. Songsil, P. Pongsophon, B. Boonsoong, and A. Clarke, “Developing Scientific Argumentation Strategies Using Revised Argument-Driven Inquiry (rADI) in Science Classrooms in Thailand,” *Asia-Pacific Sci. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–22, Dec. 2019, doi: 10.1186/s41029-019-0035-x.
- [20] L. Mao *et al.*, “Validation of Automated Scoring for a Formative Assessment that Employs Scientific Argumentation,” *Educ. Assess.*, vol. 23, no. 2, pp. 121–138, Apr. 2018, doi: 10.1080/10627197.2018.1427570.
- [21] S. Loper, K. L. McNeill, M. González-Howard, L. M. Marco-Bujosa, and L. M. O’Dwyer, “The Impact of Multimedia Educative Curriculum Materials (MECMs) on Teachers’ Beliefs about Scientific Argumentation,” *Technol. Pedagog. Educ.*, vol. 28, no. 2, pp. 173–190, Mar. 2019, doi: 10.1080/1475939X.2019.1583121.
- [22] J. N. Mikeska and P. S. Lottero-Perdue, “How Preservice and In-Service Elementary Teachers Engage Student Avatars in Scientific Argumentation within a Simulated Classroom Environment,” *Sci. Educ.*, vol. 106, no. 4, pp. 980–1009, Jul. 2022, doi: 10.1002/sce.21726.
- [23] S. Admoko, M. N. R. Jauhariyah, E. Hariyono, and M. Madlazim, “Bibliometric Profile of Science Education Research on Argumentation and the Contribution of Indonesia,” in *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2021 (IJCSE 2021)*, 2021, pp. 502–509, doi: <https://dx.doi.org/10.2991/aer.k.211215.085>.
- [24] J. B. Henderson, K. L. McNeill, M. González-Howard, K. Close, and M. Evans, “Key Challenges and Future Directions for Educational Research on Scientific Argumentation,” *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 55, no. 1, pp. 5–18, Jan. 2018, doi: 10.1002/tea.21412.
- [25] J. F. Osborne *et al.*, “Impacts of a Practice-Based Professional Development Program on Elementary Teachers’ Facilitation of and Student Engagement With Scientific Argumentation,” *Am. Educ. Res. J.*, vol. 56, no. 4, pp. 1067–1112, Aug. 2019, doi: 10.3102/0002831218812059.
- [26] M. González-Howard and K. L. McNeill, “Teachers’ framing of argumentation goals: Working together to develop individual versus communal understanding,” *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 56, no. 6, pp. 821–844, Aug. 2019, doi: 10.1002/tea.21530.
- [27] G. Zhao, R. Zhao, X. Li, Y. Duan, and T. Long, “Are preservice science teachers (PSTs) prepared for teaching argumentation? Evidence from a university teacher preparation program in China,” *Res. Sci. Technol. Educ.*, vol. 41, no. 1, pp. 170–189, Jan. 2023, doi: 10.1080/02635143.2021.1872518.
- [28] J. N. Mikeska and H. Howell, “Simulations as Practice-Based Spaces to Support Elementary Teachers in Learning How to Facilitate Argumentation-Focused Science Discussions,” *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 57, no. 9, pp. 1356–1399, Nov. 2020, doi: 10.1002/tea.21659.
- [29] H. Ju and I. Choi, “The Role of Argumentation in Hypothetico-Deductive Reasoning During Problem-Based Learning in Medical Education: A Conceptual Framework,” *Interdiscip. J. Probl. Learn.*, vol. 12, no. 1, Nov. 2017, doi: 10.7771/1541-5015.1638.
- [30] X. Zhai, Y. Yin, J. W. Pellegrino, K. C. Haudek, and L. Shi, “Applying Machine Learning in Science Assessment: A Systematic Review,” *Stud. Sci. Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 111–151, Jan. 2020, doi: 10.1080/03057267.2020.1735757.
- [31] A. H. Aldahmash and S. H. Omar, “Analysis of Activities Included in Saudi Arabian Chemistry Textbooks for the Inclusion of Argumentation-Driven Inquiry Skills,” *Stud. Educ. Eval.*, vol. 68, p. 100968, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.stueduc.2020.100968.



- [32] A. W. R. Akili, A. Lukum, and L. A. R. Laliyo, “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Larutan Elektrolit Berbasis Model Argument-Driven Inquiry untuk Melatih Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa SMA,” *J. Inov. Pendidik. Kim.*, vol. 16, no. 1, pp. 22–29, Jan. 2022, doi: 10.15294/jipk.v16i1.28996.
- [33] C. Andrews-Larson, S. McCrackin, and V. Kasper, “The Next Time Around: Scaffolding and Shifts in Argumentation in Initial and Subsequent Implementations of Inquiry-Oriented Instructional Materials,” *J. Math. Behav.*, vol. 56, p. 100719, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.jmathb.2019.100719.
- [34] C. A. Conn, K. J. Bohan, S. L. Pieper, and M. Musumeci, “Validity Inquiry Process: Practical Guidance for Examining Performance Assessments and Building a Validity Argument,” *Stud. Educ. Eval.*, vol. 65, p. 100843, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.stueduc.2020.100843.
- [35] A. F. Hendratmoko, W. Wasis, and E. Susantini, “Development of Physics Learning Materials Based on Guided Inquiry Model Integrated with Virtual Laboratory to Facilitate Student’s Scientific Argumentation Ability,” *Lensa J. Kependidikan Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, Jun. 2016, doi: 10.33394/j-lkf.v4i1.29.
- [36] A. F. Hendratmoko, M. Madlazim, W. Widodo, and I. G. M. Sanjaya, “The Impact Of Inquiry-Based Online Learning With Virtual Laboratories On Students’ Scientific Argumentation Skills,” *Turkish Online J. Distance Educ.*, vol. 24, no. 4, pp. 1–20, Oct. 2023, doi: 10.17718/tojde.1129263.
- [37] M. Muntholib, A. Munadhiroh, N. C. E. Setiawan, and Y. Yahmin, “High School Students’ Scientific Argumentation on Chemical Equilibrium,” in *AIP Conference Proceedings*, 2021, p. 020046, doi: 10.1063/5.0043236.
- [38] Y. Nam and Y.-C. Chen, “Promoting Argumentative Practice in Socio-Scientific Issues through a Science Inquiry Activity,” *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 7, pp. 3431–3461, Jun. 2017, doi: 10.12973/eurasia.2017.00737a.
- [39] D. E. Pitorini, S. Suciati, and J. Ariyanto, “Kemampuan Argumentasi Siswa: Perbandingan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dan Inkuiri Terbimbing Dipadu Dialog Socrates,” *J. Inov. Pendidik. IPA*, vol. 6, no. 1, pp. 26–38, Apr. 2020, doi: 10.21831/jipi.v6i1.27761.
- [40] S. Psycharis, “Inquiry Based-Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 19, no. 3, pp. 282–293, 2016, [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.3.282>.
- [41] R. Rohayati, S. Syihabuddin, D. Anshori, and A. Sastromiharjo, “The Role of Argument-Based Science Inquiry Learning Model to Improve Scientific Argumentation Ability,” *J. Pendidik. Progresif*, vol. 12, no. 3, pp. 1300–1310, 2022, doi: 10.23960/jpp.v12.i3.202223.
- [42] F. F. M. Roja, L. Yuliati, and A. Suyudi, “Kemampuan Argumentasi dan Penguasaan Konsep Dinamika Rotasi dengan Pembelajaran Inkuiri untuk Pendidikan STEM pada Siswa Kelas XI SMAN 2 Malang,” *JRPF (Jurnal Ris. Pendidik. Fis.)*, vol. 5, no. 2, pp. 129–133, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.17977/um058v5i2p129-133>.
- [43] H. L. Septyastuti, Sutrisno, and H. R. Widarti, “The Effectiveness of Inquiry-Based Learning with OE3R Strategy for Scientific Argumentation Skill,” in *AIP Conference Proceedings*, 2021, p. 020004, doi: 10.1063/5.0043148.
- [44] C. Stanford, A. Moon, M. Towns, and R. Cole, “Analysis of Instructor Facilitation Strategies and Their Influences on Student Argumentation: A Case Study of a Process Oriented Guided Inquiry Learning Physical Chemistry Classroom,” *J. Chem. Educ.*, vol. 93, no. 9, pp. 1501–1513, Sep. 2016, doi: 10.1021/acs.jchemed.5b00993.
- [45] J. P. Walker, V. Sampson, J. Grooms, B. Anderson, and C. O. Zimmerman, “Argument-Driven Inquiry in Undergraduate Chemistry Labs: The Impact on Students’ Conceptual Understanding, Argument Skills, and Attitudes Toward Science,” *J. Coll. Sci. Teach.*, vol. 41, no. 4, 2011.
- [46] I. S. Kurniasari and W. Setyarsih, “Penerapan Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry (ADI) untuk Melatihkan Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa pada Materi Usaha dan Energi,” *J. Inov. Pendidik. Fis.*, vol. 06, no. 03, pp. 171–174, 2017.
- [47] E. S. Nasution, “Peningkatan Keterampilan Berargumentasi Ilmiah Pada Siswa Melalui Model Pembelajaran Argument- Driven Inquiry (ADI),” *J. EKSAKTA Pendidik.*, vol. 3, no. 2, p. 100, Nov. 2019, doi: 10.24036/jep/vol3-iss2/375.
- [48] V. Sampson, J. Grooms, and J. P. Walker, “Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study,” *Sci. Educ.*, vol. 95, no. 2, pp. 217–257, Mar. 2011, doi: 10.1002/sce.20421.
- [49] F. K. Annisanastiti and Suliyannah, “Penerapan Model Adi (Argument Driven Inquiry) Berbasis Argumentasi Toulmin Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA,” *J. Pendidik. dan Kebud.*, vol. 3, no. 2, pp. 327–335, Jul. 2023, doi: 10.55606/jurdikbud.v3i2.1928.
- [50] S. M. A. Muhiddin and A. Agussalim, “Penerapan Model Argument-Driven Inquiry Untuk Meningkatkan Kemampuan Berargumentasi Ilmiah Mahasiswa Pada Topik Kalor,” *Karst J. Pendidik. Fis. DAN Ter.*, vol. 6, no. 2, pp. 94–106, Dec. 2023, doi: 10.46918/karst.v6i2.2108.
- [51] M. Ventura, S. Moadebi, and D. Damian, “Impact of motivational interviewing training on emergency department nurses’ skills: A one-group pretest–posttest pilot study,” *Int. Emerg. Nurs.*, vol. 56, p. 100980, May 2021, doi: 10.1016/j.ienj.2021.100980.

- [52] J. D. Marx and K. Cummings, "Normalized Change," *Am. J. Phys.*, vol. 75, no. 1, pp. 87–91, Jan. 2007, doi: 10.1119/1.2372468.
- [53] S. P. Sriyansyah and D. Azhari, "Addressing an Undergraduate Research Issue about Normalized Change for Critical Thinking Test," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 6, no. 1, pp. 131–137, Apr. 2017, doi: 10.15294/jpii.v6i1.9602.
- [54] P. Dianti, A. Sunandar, and A. E. Setiadi, "Analisis Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berargumentasi Siswa dengan Model Argument Driven Inquiry Berbasis Socio-Scientific Issue," *Qalam J. Ilmu Kependidikan*, vol. 12, no. 2, pp. 1–14, 2023, doi: <https://doi.org/10.33506/jq.v12i2.2706>.
- [55] Z. Hayati and S. Fuadiyah, "Pengaruh Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry (ADI) terhadap Kemampuan Argumentasi Peserta Didik pada Pembelajaran Biologi," *MASALIQ*, vol. 3, no. 6, pp. 1111–1118, Aug. 2023, doi: 10.58578/masaliq.v3i6.1608.
- [56] W. Y. Inkomara and S. Suyono, "Kelayakan Lembar Kegiatan Peserta Didik Untuk Melatihkan Keterampilan Argumentasi Melalui Model Argument Driven Inquiry Pada Larutan Penyangga," *J. REDOKS J. Pendidik. Kim. DAN ILMU Kim.*, vol. 6, no. 1, pp. 19–26, Jun. 2023, doi: 10.33627/re.v6i1.1133.
- [57] W. A. Putri and P. Paidi, "Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis Adi Topik Keanekaragaman Hayati Untuk Meningkatkan Kemampuan Argumentasi Siswa," *J. Edukasi Biol.*, vol. 9, no. 1, pp. 22–34, Apr. 2023, doi: 10.21831/edubio.v9i1.19130.
- [58] N. Siregar and R. A. Pakpahan, "Kemampuan Argumentasi Ipa Siswa Melalui Pembelajaran Argumentasi Driven Inquiry (ADI)," *LENSA (Lentera Sains) J. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 2, pp. 94–103, Nov. 2020, doi: 10.24929/lensa.v10i2.113.
- [59] N. D. C. Devi, E. Susanti VH, and N. Y. Indriyanti, "Analysis of High School Students' Argumentation Ability in the topic of Buffer Solution," *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 3, no. 3, pp. 152–159, 2018, doi: 10.20961/jkpk.v3i3.23308.
- [60] L. Faizah, R. M. Probosari, and P. Karyanto, "Penerapan Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Argumentasi Lisan Siswa Kelas XI pada Pembelajaran Biologi," *J. Biotek*, vol. 6, no. 2, pp. 1–12, Dec. 2018, doi: 10.24252/jb.v6i2.6395.
- [61] I. N. Firdaos, I. D. Pursitasari, and I. Permana, "Pembelajaran Argument Driven Inquiry Pada Materi Suhu dan Kalor Untuk Meningkatkan Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa," *J. Penelit. Pendidik.*, vol. 21, no. 2, pp. 88–97, Aug. 2021, doi: 10.17509/jpp.v21i2.37134.
- [62] Y. Rahayu, S. Suhendar, and J. Ratnasari, "Keterampilan Argumentasi Siswa Pada Materi Sistem Gerak SMA Negeri Kabupaten Sukabumi-Indonesia," *BIODIK*, vol. 6, no. 3, pp. 312–318, Oct. 2020, doi: 10.22437/bio.v6i3.9802.
- [63] A. Rahman, M. Diantoro, and L. Yuliati, "Students' Scientific Argumentation Ability on Newton's Laws in High School," *J. Educ. Theory, Res. Dev.*, vol. 3, no. 7, pp. 903–911, 2018.
- [64] T. Suganda, P. Parno, and S. Sunaryono, "Identifikasi Argumentasi Ilmiah Siswa Topik Gelombang Bunyi dan Cahaya.," *J. Pendidik. Teor. Penelitian, dan Pengemb.*, vol. 6, no. 9, pp. 1413–1417, 2021, [Online]. Available: <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>.
- [65] H. Suwono, E. Yulianingrum, and Sulisetijono, "Peningkatan Argumentasi Ilmiah Siswa Sekolah Menengah Atas Melalui Model Pembelajaran ESAR (Engage, Study, Activate, Reflect)," *J. Ilmu Pendidik.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.17977/jip.v23i1.10751.
- [66] Y. Anwar, R. Susanti, and Ermayanti, "Analyzing Scientific Argumentation Skills of Biology Education Students in General Biology Courses," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1166, p. 012001, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1166/1/012001.
- [67] A. D. Wardani, L. Yuliati, and A. Taufiq, "Kualitas Argumentasi Ilmiah Siswa pada Materi Hukum Newton," *J. Pendidik. Teor. Penelitian, dan Pengemb.*, vol. 3, no. 10, pp. 1364–1372, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v3i10.11734>.
- [68] A. Anisa, A. Widodo, R. Riandi, and M. Muslim, "Genetics in Socio Scientific Issues: Measuring Rebuttal Abilities in Scientific Argumentation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1280, no. 3, p. 032002, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1280/3/032002.
- [69] E. Capkinoglu, S. Yilmaz, and G. Leblebicioglu, "Quality of Argumentation by Seventh-Graders in Local Socioscientific Issues," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 57, no. 6, pp. 827–855, Aug. 2020, doi: 10.1002/tea.21609.
- [70] M. Orbach *et al.*, "A Dataset of General-Purpose Rebuttal," 2019, doi: 10.18653/v1/d19-1561.
- [71] A. Hakim, I. Sahmadesti, and S. Hadisaputra, "Promoting Students' Argumentation Skill Through Development Science Teaching Materials Based on Guided Inquiry Models," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1521, no. 4, p. 042117, Mar. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1521/4/042117.
- [72] A. F. Hendratmoko, M. Madlazim, W. Widodo, S. Suyono, and Z. A. I. Supardi, "Inquiry and debate in science learning: Potential strategy for improving students' scientific argumentation skills.," *Int. J. Educ. Math. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 114–138, 2024, doi: <https://doi.org/10.46328/ijemst.3152>.