

Eksplorasi Perbedaan Kualitas Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Berdasarkan Tingkat Semester melalui Pendekatan *Socio-Scientific Issues*

Klaudia Ensriana Norlasty Bambut

Pendidikan Kimia FKIP Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

*Corresponding Author: klaudia_bambut@staf.undana.ac.id

Article history

Dikirim:
27-08-2025

Direvisi:
09-09-2025

Diterima:
10-09-2025

Key words:

argumentasi ilmiah;
socio-scientific issue;
mahasiswa pendidikan
kimia

Abstrak: Latar belakang penelitian ini berpijak pada temuan bahwa meskipun mahasiswa tingkat lanjut memiliki pengetahuan lebih luas, tidak semua mampu mengintegrasikan data ilmiah dengan justifikasi logis. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi perbedaan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa pendidikan kimia berdasarkan tingkat semester melalui pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif komparatif dengan melibatkan 60 mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Undana, terdiri atas 30 mahasiswa semester II dan 30 mahasiswa semester VI, yang dipilih dengan teknik purposive sampling. Instrumen berupa tes uraian berbasis SSI pada tiga isu, yaitu penggunaan plastik sekali pakai, pemanfaatan energi nuklir, dan pencemaran udara akibat emisi industri. Analisis jawaban menggunakan kerangka *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) dan rubrik *Level of Argumentation*. Setelah analisis kualitatif menggunakan TAP, jawaban dikodekan ke dalam level argumen tertentu dan dihitung frekuensinya untuk mendapatkan distribusi persentase. Hasil penelitian menunjukkan mahasiswa semester II didominasi level rendah, yaitu klaim tanpa data (36,7%) dan klaim dengan data tanpa warrant (30%). Sebaliknya, mahasiswa semester VI lebih banyak pada level tinggi, terutama klaim + data + warrant koheren + backing (36,7%) dan argumen lengkap dengan sanggahan (13,3%). Temuan ini menunjukkan adanya perkembangan argumentasi ilmiah sesuai tingkat semester, serta menegaskan pentingnya penerapan SSI dalam pembelajaran untuk melatih mahasiswa berargumentasi secara kritis dan berbasis bukti.

PENDAHULUAN

Kemampuan argumentasi ilmiah merupakan salah satu keterampilan penting dalam pembelajaran sains, termasuk kimia. Argumentasi tidak hanya menuntut mahasiswa untuk menyampaikan pendapat, tetapi juga mendukung klaim dengan data, alasan yang logis, serta mempertimbangkan berbagai perspektif (Hosbein et al., 2021; Walker et al., 2019). Dalam konteks pendidikan kimia, argumentasi ilmiah menjadi kunci untuk menghubungkan konsep-konsep abstrak dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari (Aydeniz & Dogan, 2016; Beniermann et al., 2021; Yang & Pan, 2023).

Salah satu pendekatan yang efektif untuk melatih kemampuan argumentasi ilmiah adalah *Socio-Scientific Issues* (SSI). SSI adalah pendekatan pembelajaran yang menghadapkan siswa atau mahasiswa pada isu-isu kontemporer yang memiliki dasar

ilmiah dan implikasi sosial, etika, atau politik (Johnson et al., 2020). Pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) memberikan peluang yang luas untuk melatih kemampuan argumentasi mahasiswa. SSI mengangkat isu-isu kontroversial yang terkait dengan sains dan berdampak pada masyarakat, seperti penggunaan plastik sekali pakai, energi alternatif, polusi udara, hingga dampak penggunaan bahan kimia berbahaya (Hancock et al., 2019). Melalui SSI, mahasiswa didorong untuk tidak hanya memahami konsep kimia, tetapi juga mampu mengambil keputusan berdasarkan pertimbangan ilmiah, etis, dan sosial.

Namun, kualitas argumentasi mahasiswa tidaklah seragam. Faktor tingkat semester atau pengalaman belajar dapat mempengaruhi cara mahasiswa membangun argumentasi. Mahasiswa semester bawah cenderung baru mengenal dasar-dasar kimia dan pola berpikir ilmiah, sehingga argumentasi mereka lebih sederhana, berfokus pada klaim tanpa dukungan data atau alasan yang memadai. Sebaliknya, mahasiswa semester atas umumnya telah memperoleh pemahaman konseptual yang lebih kompleks serta pengalaman diskusi yang lebih luas, sehingga diharapkan dapat menghasilkan argumentasi yang lebih lengkap dan mendalam (Demircioglu et al., 2023).

Meskipun demikian, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun mahasiswa tingkat lanjut memiliki pengetahuan lebih, tidak semua mampu mengintegrasikan data ilmiah dengan justifikasi logis dalam menyusun argumentasi (Rahayu et al., 2022; Nur'aini et al., 2019). Namun, sebagian besar penelitian tersebut lebih menekankan pada pemetaan tingkat argumentasi secara umum tanpa membandingkan secara sistematis perbedaan kualitas argumentasi antara mahasiswa semester bawah dan semester atas. Selain itu, kajian sebelumnya masih terbatas pada pengukuran kemampuan argumentasi dalam konteks konseptual atau tugas tertulis, sedangkan penerapan pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) yang dapat memberikan ruang lebih luas bagi mahasiswa untuk berargumentasi dalam situasi yang autentik dan kontekstual masih jarang dieksplorasi. Dengan demikian, terdapat celah penelitian berupa perlunya kajian komparatif yang secara khusus menganalisis perbedaan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa pendidikan kimia berdasarkan tingkat semester dengan menggunakan konteks SSI. Celah ini penting untuk dipelajari karena dapat memberikan gambaran perkembangan keterampilan argumentasi selama proses pendidikan, sekaligus memberikan landasan bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif dalam meningkatkan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa.

KAJIAN TEORI

Argumentasi ilmiah merupakan keterampilan penting dalam pendidikan sains, termasuk kimia, karena mendorong mahasiswa untuk mengaitkan konsep abstrak dengan fenomena nyata, menilai bukti, serta mengambil keputusan yang logis dan bertanggung jawab. Kemampuan ini tidak hanya sebatas mengemukakan pendapat, tetapi juga menuntut mahasiswa menyajikan klaim yang didukung data, alasan yang logis, serta mempertimbangkan berbagai perspektif. Salah satu kerangka yang banyak digunakan untuk menganalisis argumentasi adalah *Toulmin's Argument Pattern* (TAP), yang terdiri atas enam komponen, yaitu klaim (claim), bukti/data (data), alasan penghubung (warrant), dukungan (backing), pembatas/derajat kepastian (qualifier), dan sanggahan (rebuttal) (Ebadi et al., 2020; Yang, 2022; Yang & Pan, 2023). Melalui



TAP, kualitas argumentasi dapat ditentukan berdasarkan kelengkapan struktur serta kedalaman penalaran yang ditunjukkan mahasiswa.

Kualitas argumentasi mahasiswa dapat dilihat pada berbagai tingkatan. Pada level rendah, argumentasi biasanya hanya berupa klaim tanpa bukti dan penalaran memadai (Bambut & Rahayu, 2020; Rahayu et al., 2020). Pada level menengah, klaim sudah didukung bukti yang relevan dan alasan logis, meskipun masih minim dukungan teori maupun sanggahan. Sementara itu, pada level tinggi, mahasiswa mampu menghasilkan klaim yang disertai bukti kuat, *warrant* yang koheren, *backing* konseptual, serta memasukkan sanggahan dan kontra-argumen secara memadai. Kualitas argumentasi dapat dikategorikan dalam lima level, mulai dari argumen sederhana yang hanya berisi klaim hingga argumen kompleks yang mencakup klaim, bukti, alasan, dan sanggahan. Selain itu, indikator kualitas argumentasi tidak hanya dilihat dari struktur argumen, tetapi juga mencakup relevansi dan kekuatan bukti, koherensi penalaran, keberadaan kontra-argumen, serta kesadaran epistemik (Erduran & Aleixandre, 2007; Osborne et al., 2004)

Pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) menawarkan konteks yang relevan untuk mengembangkan keterampilan argumentasi. SSI memanfaatkan isu-isu nyata yang bersifat kontroversial dan memiliki dimensi ilmiah sekaligus sosial, seperti penggunaan plastik sekali pakai, energi alternatif, polusi udara, maupun penggunaan bahan kimia berbahaya. Melalui SSI, mahasiswa dituntut untuk tidak hanya memahami konsep kimia yang terkait, tetapi juga menimbang aspek etika, ekonomi, dan kebijakan sebelum mengambil keputusan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis SSI mampu meningkatkan penggunaan bukti, integrasi perspektif sosial, dan kemampuan mahasiswa dalam memberikan sanggahan terhadap pandangan alternatif.

Perbedaan tingkat semester berpotensi memengaruhi kualitas argumentasi mahasiswa. Mahasiswa semester bawah umumnya masih berada pada tahap penguasaan dasar-dasar konsep kimia, sehingga argumentasi mereka cenderung sederhana dan berfokus pada klaim tanpa dukungan bukti yang memadai. Sebaliknya, mahasiswa semester atas yang telah memiliki pemahaman konseptual lebih luas dan pengalaman diskusi yang lebih banyak diharapkan dapat menyusun argumentasi yang lebih kompleks, dengan klaim yang kuat, bukti relevan, serta sanggahan yang logis. Meski demikian, beberapa penelitian melaporkan bahwa mahasiswa tingkat lanjut tidak selalu menunjukkan argumentasi yang lebih baik apabila pembelajaran masih berfokus pada hafalan konsep tanpa *scaffolding* argumentasi yang memadai. Oleh karena itu, tingkat semester dapat dipandang sebagai salah satu faktor yang memengaruhi kualitas argumentasi, meskipun efektivitasnya tetap bergantung pada strategi pembelajaran yang digunakan.

Dengan demikian, kajian teori ini menegaskan bahwa argumentasi ilmiah mahasiswa dapat dianalisis melalui kerangka TAP, ditingkatkan melalui pendekatan SSI, serta dipengaruhi oleh tingkat semester yang merepresentasikan pengalaman belajar. Penelitian mengenai perbedaan kualitas argumentasi berdasarkan tingkat semester dalam konteks SSI penting dilakukan untuk memberikan gambaran perkembangan keterampilan argumentasi mahasiswa serta merumuskan strategi pembelajaran kimia yang lebih efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi perbedaan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa antara semester rendah dan tinggi melalui penerapan pendekatan *Socio-Scientific Issues*.



METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif komparatif untuk mengeksplorasi perbedaan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa semester bawah dan semester atas dalam isu sosial-kimia melalui pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI). Responden penelitian adalah 60 mahasiswa program studi Pendidikan Kimia FKIP Undana yang terdiri atas 30 mahasiswa semester II (semester bawah) dan 30 mahasiswa semester VI (semester atas) yang dipilih dengan teknik *purposive sampling*. Instrumen penelitian berupa tes uraian berbasis SSI yang memuat tiga isu utama, yaitu penggunaan plastik sekali pakai, pemanfaatan energi nuklir, dan pencemaran udara akibat emisi industri. Analisis jawaban mahasiswa dilakukan menggunakan rubrik *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) untuk mengidentifikasi komponen argumentasi (klaim, data, *warrant*, *backing*, *rebuttal*, dan *qualifier*).

Analisis jawaban mahasiswa dilakukan secara bertahap. Pertama, setiap jawaban dikodekan menggunakan rubrik *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) untuk mengidentifikasi komponen argumentasi, yaitu klaim, data, *warrant*, *backing*, *rebuttal*, dan *qualifier*. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis dengan statistik deskriptif, termasuk perhitungan rata-rata, persentase, dan distribusi kategori kualitas argumentasi pada masing-masing kelompok semester. Teknik ini memungkinkan penyajian hasil secara kuantitatif meskipun analisis awal bersifat kualitatif. Terakhir, setiap jawaban mahasiswa juga dianalisis menggunakan Rubrik *Level of Argumentation* yang terdiri dari enam tingkat (Level 0–5) seperti ditunjukkan pada Tabel 1, sehingga perbandingan kualitas argumentasi antar semester dapat disajikan secara sistematis.

Tabel 1. Kategori Level Argumentasi modifikasi Osborne (Osborne et al., 2004)

Kategori	Deskripsi
Level 1	Argumentasi mengandung sebuah klaim sederhana atau sebuah klaim tandingan
Level 2	Argumentasi mengandung klaim yang disertai data, <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , tetapi tidak mengandung <i>rebuttal</i>
Level 3	Argumentasi mengandung klaim yang disertai data, <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , serta adanya <i>rebuttal</i> yang lemah
Level 4	Argumentasi mengandung klaim dan data, <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , serta sebuah <i>rebuttal</i> yang kuat
Level 5	Argumentasi mengandung klaim dan data, <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , lebih dari satu <i>rebuttal</i> yang kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis deskriptif menunjukkan adanya perbedaan kualitas argumentasi ilmiah antara mahasiswa semester bawah dan semester atas ketika merespon isu sosial-kimia berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI). Secara umum, mahasiswa semester bawah lebih sering menyusun argumentasi sederhana yang hanya memuat klaim tanpa disertai data dan justifikasi yang memadai seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Level Argumentasi Mahasiswa Semester II

Level	Deskripsi	Jumlah	Persentase (%)
1	Argumen hanya berupa klaim tanpa data/penjelasan	11	36.7
2	Klaim disertai data, tetapi tanpa <i>warrant</i> atau penalaran yang jelas	9	30



3	Klaim + data + warrant sederhana, namun belum ada sanggahan	6	20
4	Klaim + data + warrant yang koheren + backing konseptual	3	10
5	Argumen lengkap dengan klaim, data, warrant, backing, serta sanggahan/kontra	1	3.3

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 terlihat bahwa sebagian besar mahasiswa semester II masih berada pada level argumentasi rendah, yaitu level 1 (36,7%) dan level 2 (30%). Temuan ini menunjukkan bahwa argumen mahasiswa pada tahap awal perkuliahan umumnya masih sebatas klaim tanpa dukungan penjelasan memadai atau klaim yang dilengkapi data, tetapi belum diikuti *warrant* atau penalaran yang jelas. Hanya sebagian kecil mahasiswa yang mampu mencapai level argumentasi tinggi, yakni level 4 (10%) dan level 5 (3,3%), yang ditandai dengan penggunaan *backing* konseptual serta adanya sanggahan atau kontra-argumen. Kondisi ini sejalan dengan teori Toulmin yang menjelaskan bahwa sebuah argumen ilmiah ideal mencakup klaim, data, *warrant*, *backing*, *qualifier*, dan *rebuttal* (Cigdemoglu et al., 2017; Sadler, 2004; Van Lacum et al., 2014; Yaman & Hand, 2022). Hasil analisis terhadap jawaban argumentasi mahasiswa semester atas menunjukkan adanya perbedaan kemampuan Menyusun argumen pada level yang lebih tinggi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sebaran Level Argumentasi Mahasiswa Semester VI

Level	Deskripsi	Jumlah	Persentase (%)
1	Argumen hanya berupa klaim tanpa data/penjelasan	2	6.7
2	Klaim disertai data, tetapi tanpa warrant atau penalaran yang jelas	4	13.3
3	Klaim + data + warrant sederhana, namun belum ada sanggahan	9	30.0
4	Klaim + data + warrant yang koheren + backing konseptual	11	36.7
5	Argumen lengkap dengan klaim, data, warrant, backing, serta sanggahan/kontra	4	13.3

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa kemampuan argumentasi mahasiswa masih beragam pada setiap level. Sebagian besar mahasiswa berada pada level 3 (30%) dan level 4 (36,7%), yang menunjukkan bahwa mereka sudah mampu mengaitkan klaim dengan data dan warrant, bahkan sebagian sudah menambahkan *backing* yang koheren dan konseptual. Namun, hanya 13,3% mahasiswa yang mencapai level 5, yaitu argumen lengkap dengan sanggahan atau kontra-argumen, padahal menurut teori argumentasi Toulmin (1958), keberadaan sanggahan merupakan indikator penting dari argumentasi ilmiah yang matang. Kondisi ini menegaskan bahwa meskipun mahasiswa semester VI sudah lebih terampil dibandingkan semester awal, keterampilan mereka masih cenderung berhenti pada penyusunan argumen sederhana tanpa kemampuan mengevaluasi atau mengantisipasi argumen lawan.

Mahasiswa semester awal masih berada pada tahap transisi dari *everyday reasoning* menuju *scientific reasoning*, sehingga struktur argumen yang dihasilkan belum utuh. Dalam konteks *Socio-Scientific Issues* (SSI), menegaskan bahwa argumentasi menuntut integrasi antara pengetahuan ilmiah, penalaran moral, dan keterampilan berpikir kritis, yang umumnya belum berkembang optimal pada mahasiswa tingkat awal (Hancock et al., 2019; Sadler, 2004). Temuan ini juga



menunjukkan bahwa siswa atau mahasiswa pemula cenderung menghasilkan argumen satu sisi (*one-sided arguments*) dan kesulitan mengajukan sanggahan tanpa adanya intervensi pembelajaran berbasis argumentasi. Dalam konteks SSI, mahasiswa cenderung fokus pada klaim ilmiah sederhana tanpa mengaitkannya dengan aspek sosial, etika, maupun argumentasi yang lebih kompleks. Dengan kata lain, meskipun *isu* yang diberikan sudah kontekstual, mahasiswa membutuhkan *scaffolding* tambahan agar mampu mengubah ide awal mereka menjadi argumen yang lebih kompleks. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pembelajaran perlu dirancang secara eksplisit untuk melatih keterampilan argumentasi, khususnya melalui pendekatan SSI, agar mahasiswa mampu mengembangkan argumen yang lebih koheren, lengkap, dan kritis.

Kualitas argumentasi mahasiswa dalam pembelajaran sains umumnya terletak pada level menengah, di mana klaim dan data sudah mulai jelas, tetapi dimensi kritis berupa sanggahan masih jarang muncul. Hal ini dapat disebabkan karena mahasiswa lebih fokus pada *membangun klaim positif* daripada *mengkritisi klaim alternatif*. Selain itu, pembelajaran kimia di kelas lebih menekankan pada penguasaan konsep daripada proses argumentasi, sehingga keterampilan kontra-argumen kurang terasah. Dengan demikian, meskipun mahasiswa semester VI menunjukkan peningkatan dibandingkan semester awal (karena sebagian besar berada di level 3–4), masih diperlukan strategi pembelajaran yang lebih menekankan pada latihan argumentasi dua sisi (*dual perspective*), seperti debat berbasis SSI atau *structured controversy*, agar mahasiswa terbiasa mempertimbangkan pandangan berbeda. Upaya ini penting karena keterampilan menyusun kontra-argumen tidak hanya menunjukkan penguasaan konsep yang lebih dalam, tetapi juga kemampuan berpikir kritis dan reflektif yang merupakan tujuan utama pendidikan sains.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kualitas argumentasi ilmiah mahasiswa berdasarkan tingkat semester. Mahasiswa semester awal cenderung berada pada level argumentasi yang rendah, di mana argumen yang dikemukakan masih terbatas pada klaim tanpa data atau penalaran yang memadai. Sebaliknya, mahasiswa semester atas, khususnya semester VI, lebih banyak mencapai level argumentasi menengah hingga tinggi, yang ditandai dengan adanya klaim, data, warrant, serta sebagian telah mampu menyertakan *backing* konseptual. Namun demikian, kemampuan menyusun sanggahan atau kontra-argumen masih terbatas, terlihat dari sedikitnya mahasiswa yang mencapai level argumentasi tertinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas argumentasi ilmiah berkembang seiring bertambahnya tingkat semester dan pengalaman belajar mahasiswa, namun masih diperlukan strategi pembelajaran yang lebih menekankan pada latihan argumentasi dua arah, diskusi berbasis SSI, serta *scaffolding* eksplisit dengan model penyusunan argumen seperti *Claim-Evidence-Reasoning* (CER) atau *Toulmin Argumentation Pattern* (TAP). Dengan demikian, pengembangan keterampilan argumentasi tidak hanya bergantung pada penguasaan konsep kimia, tetapi juga pada desain pembelajaran yang memberi ruang bagi mahasiswa untuk berlatih berpikir kritis, menyusun bukti, serta mengevaluasi argumen secara reflektif.



DAFTAR PUSTAKA

- Aydeniz, M., & Dogan, A. (2016). Exploring the impact of argumentation on pre-service science teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 111–119. <https://doi.org/10.1039/c5rp00170f>
- Bambut, K. E. N., & Rahayu, S. (2020). The patterns of discussion in teaching argumentation skills in chemistry learning. *AIP Conference Proceedings*, 2215. <https://doi.org/10.1063/5.0000529>
- Beniermann, A., Mecklenburg, L., & Upmeier Zu Belzen, A. (2021). Reasoning on controversial science issues in science education and science communication. *Education Sciences*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/educsci11090522>
- Cigdemoglu, C., Arslan, H. O., & Cam, A. (2017). Argumentation to foster pre-service science teachers' knowledge, competency, and attitude on the domains of chemical literacy of acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 288–303. <https://doi.org/10.1039/c6rp00167j>
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing Students' Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality–Based Argumentation Activities in Science Classes. *Science and Education*, 32(4), 1165–1195. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Dita Puji Rahayu, Antuni Wiyarsi, & Amaira Utami. (2022). Eksplorasi Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa melalui Media Sosial: Topik Kasus Bioteknologi. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(3), 859–867. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.703>
- Ebadi, S., Ashtarian, S., & Zamani, G. (2020). Exploring Arguments Presented in Predatory Journals Using Toulmin's Model of Argumentation. *Journal of Academic Ethics*, 18(4), 435–449. <https://doi.org/10.1007/s10805-019-09346-0>
- Erduran, Sibel., & Aleixandre, Marilar. (2007). *Argumentation in science education : perspectives from classroom-based research*. Springer.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching: A Grounded Theory Study of How Science Teachers Collaboratively Design SSI-Based Curricula. *Science and Education*, 28(6–7), 639–667. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00065-x>
- Hosbein, K. N., Lower, M. A., & Walker, J. P. (2021). Tracking Student Argumentation Skills across General Chemistry through Argument-Driven Inquiry Using the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom Observation Protocol. *Journal of Chemical Education*, 98(6), 1875–1887. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01225>
- 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>



- Kartika Sari, W., & Nada, E. I. (n.d.). *ANALISIS KEMAMPUAN ARGUMENTASI ILMIAH MAHASISWA PENDIDIKAN KIMIA PADA PEMBELAJARAN DARING*.
- Nur'aini, F., Rosyadi, I., Arafah, M., Safrina, M., Isnaini, N., Evendi, R., & Sugiharto, B. (2019). *PERBANDINGAN KEMAMPUAN ARGUMENTASI MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI*. *10*(2), 179–188. <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/biosfer/index>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Rahayu, S., Bambut, K. E. N., & Fajaroh, F. (2020). Do different discussion activities in developing scientific argumentation affect students' motivation in chemistry? *Cakrawala Pendidikan*, *39*(3), 679–693. <https://doi.org/10.21831/cp.v39i3.32228>
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. In *Journal of Research in Science Teaching* (Vol. 41, Issue 5, pp. 513–536). <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Van Lacum, E. B., Ossevoort, M. A., & Goedhart, M. J. (2014). A teaching strategy with a focus on argumentation to improve undergraduate students' ability to read research articles. *CBE Life Sciences Education*, *13*(2), 253–264. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-06-0110>
- Walker, J. P., Van Duzor, A. G., & Lower, M. A. (2019). Facilitating Argumentation in the Laboratory: The Challenges of Claim Change and Justification by Theory. *Journal of Chemical Education*, *96*(3), 435–444. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00745>
- Yaman, F., & Hand, B. (2022). Examining pre-service science teachers' development and utilization of written and oral argument and representation resources in an argument-based inquiry environment. *Chemistry Education Research and Practice*, *23*(4), 948–968. <https://doi.org/10.1039/d2rp00152g>
- Yang, R. (2022). An empirical study of claims and qualifiers in ESL students' argumentative writing based on Toulmin model. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, *7*(1). <https://doi.org/10.1186/s40862-022-00133-w>
- Yang, R., & Pan, H. (2023). Whole-to-Part Argumentation Instruction: An Action Research Study Aimed at Improving Chinese College Students' English Argumentative Writing Based on the Toulmin Model. *SAGE Open*, *13*(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231207738>

