



Kajian Argumentasi Mahasiswa dalam Isu Sosial-Kimia: Pendekatan *Socio-Scientific Issues* (*The Study of Students' Argumentation on Socio-Chemical Issues: A Socio-Scientific Issues Approach*)

Klaudia E.N. Bambut^{*1}, Jeni Maria Tangpen²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Nusa Cendana, Indonesia
Jln. Adisucipto Penfui, Kupang, NTT, Indonesia

*e-mail korespondensi: klaudia_bambut@staf.undana.ac.id

Info Artikel:

Dikirim:

10 Juni 2025

Revisi:

26 Juni 2025

Diterima:

30 Juni 2025

Kata Kunci:

Argumentasi ilmiah, isu
SSI, pola argumentasi
Toulmin

Keywords:

Scientific argumentation,
socio-scientific issue,
toulmin argumentation
pattern

Lisensi:



Attribution-Share Alike 4.0
International (CC-BY-SA
4.0)



Abstrak-Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat argumentasi mahasiswa dalam merespons isu sosial kimia (*Socio-Scientific Issue/SSI*) menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Sampel terdiri dari 75 mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP Undana (semester 4-6) yang dipilih melalui teknik kluster. Instrumen utama berupa soal argumentasi tertulis berbasis SSI (validitas tinggi ; reliabilitas 0.795). Jawaban mahasiswa selanjutnya dianalisis menggunakan rubrik *Level of Argumentation*. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi tingkat argumentasi membentuk pola piramida terbalik, dengan mayoritas mahasiswa (32%) berada pada level 2 (mampu menyusun argumentasi yang mengandung *claim* dan *data*), selanjutnya level 3 (28%), level 1 (18,7%), level 4 (13,3%), dan level 5 (8%). Secara komponen, *claim* muncul dalam seluruh respons (100%), *data* pada 82,7%, *warrant* (52%), *backing* (27,3%), dan *rebuttal* hanya pada 14,7% mahasiswa. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada tingkat argumentasi yang rendah dengan struktur yang masih sederhana dan minim. Dominasi *claim* dan *data* tanpa *warrant*, *backing*, dan *rebuttal* mencerminkan keterbatasan berpikir kritis dan reflektif. Perlu adanya strategi pembelajaran berbasis SSI dan dialog argumentatif untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains yang lebih mendalam.

Abstract: This study aims to examine students' levels of argumentation in response to socio-scientific issues (SSIs) using a descriptive quantitative approach. The sample comprised 75 undergraduate students from the Chemistry Education Program at FKIP Undana (4th to 6th semesters), selected through cluster sampling. The primary instrument was an SSI-based written argumentation task, with a validity score of 3.5 and a reliability coefficient of 0.82. Student responses were analyzed using the Level of Argumentation rubric. The findings revealed an inverted pyramid distribution, with the majority of students (32%) positioned at Level 2-demonstrating the ability to construct arguments containing claims and supporting data. This was followed by Level 3 (28%), Level 1 (18,7%), Level 4 (13.3%), and Level 5 (8%). In terms of argument components, the claim was present in all responses (100%), data in 82.7%, warrant in 52%, backing in 27.3%, and rebuttals in only 14.7% of responses. These results suggest that most students exhibit low levels of argumentation, characterized by simplistic and underdeveloped structures. The predominance of claims and data without corresponding warrants, backing, or rebuttals reflects limited critical and reflective thinking. These findings highlight the need for SSI-based instruction and argumentative dialogue to enhance students' critical thinking and scientific literacy.

PENDAHULUAN

Saat ini, pendidikan difokuskan pada penguatan keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya adalah kemampuan argumentasi ilmiah sebagai bagian dari perwujudan literasi ilmiah [1],[2]. Kemampuan ini menjadi krusial agar mahasiswa mampu merespons persoalan nyata yang bersifat kompleks dan multidimensional, khususnya yang berkaitan dengan isu-isu sains dan sosial. Argumentasi ilmiah termasuk ke dalam aspek penting dalam pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi, karena tidak hanya menuntut kemampuan menyampaikan opini, tetapi juga mencakup keterampilan dalam memilah informasi yang relevan, memahami

perbedaan sudut pandang, serta menyusun argumen yang logis dan didukung oleh data serta bukti yang dapat dipertanggungjawabkan [3],[4],[2]. Penguasaan terhadap kemampuan argumentasi ini akan mendorong mahasiswa untuk mencapai salah satu keterampilan esensial abad-21 yaitu keterampilan komunikasi.

Argumentasi merupakan proses berpikir logis yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah dan membangun pemahaman baru [5]. Proses ini mencakup dua makna penting yaitu, makna secara struktural dan secara dialogis [5],[6]. Artinya, untuk menganalisis argumentasi secara menyeluruh, perlu mempertimbangkan baik sisi komponen argumen maupun penggunaan argumen tersebut dalam konteks sosial. Toulmin Argumentation Pattern (TAP) merupakan model struktur argumen yang menjabarkan enam elemen utama, yaitu: klaim sebagai simpulan dari pernyataan, data sebagai bukti yang mendukung klaim, dan warrant sebagai penghubung logis antara data dan klaim. Selain itu, terdapat backing yang memperkuat dasar logika klaim, rebuttal sebagai bentuk sanggahan terhadap klaim dalam kondisi tertentu, serta qualifier yang menjelaskan batas-batas validitas klaim tersebut [3],[7],[8]. Penilaian terhadap kualitas argumentasi dapat dilakukan dengan mengevaluasi seberapa lengkap argumen tersebut, seberapa banyak bagian yang melibatkan pemikiran tingkat lanjut, serta apakah komponen-komponennya cukup dan relevan [9]. Selain itu, karena argumentasi berlangsung dalam situasi sosial, maka faktor-faktor sosial juga berperan penting dalam membentuk hasil dari proses argumentatif tersebut [8].

Dalam argumentasi, siswa dilibatkan pada proses komunikasi yang mengharuskan siswa untuk berbagi ide, pemahaman, atau alternatif penyelesaian satu sama lain untuk membenarkan pandangan mereka sehingga pemahaman konseptual yang lebih jelas akan muncul. Lebih lanjut dijelaskan oleh Cross et al [4] bahwa argumentasi dapat mendukung perbaikan miskonsepsi siswa, karena siswa terbiasa dengan aktivitas mencari data serta mengumpulkan penjelasan-penjelasan ilmiah yang dikaitkan dengan pengetahuan yang dimilikinya. Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa penggunaan pembelajaran berbasis argumentasi diketahui dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa tingkat akhir pada materi gas dibandingkan dengan pembelajaran tradisional [10]. Penelitian yang dilakukan oleh Walker et al [11] menegaskan pentingnya memperhatikan frekuensi keterlibatan siswa dalam argumentasi, karena semakin banyak siswa berlatih dengan argumentasi maka akan meningkatkan keterlibatan siswa dengan materi yang dipelajarinya. Sayangnya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah mahasiswa di Indonesia masih tergolong rendah [12],[13],[14],[15]. Sari dan Nada [14] menemukan bahwa sebagian besar mahasiswa pendidikan kimia hanya mampu membangun argumen sederhana tanpa justifikasi ilmiah yang kuat. Lebih lanjut, Bambut dan Rahayu [16] menjelaskan bahwa kemampuan argumentasi tidak dapat terlatih dengan baik apabila siswa tidak terlibat dalam diskusi ilmiah yang interaktif dan hanya mengandalkan pemahamannya sendiri, sebab argumentasi membutuhkan terciptanya dilema pada ranah kognitif yang hanya dihasilkan apabila siswa menerima banyak informasi yang bertentangan dengan pemahamannya [17].

Pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) telah diakui secara luas sebagai salah satu strategi efektif dalam membangun kemampuan berpikir kritis dan argumentasi [15],[18],[19][20]. Menurut Bodner & Orgill [21], pembelajaran kimia abad ke-21 seharusnya tidak lagi bersifat reduksionistik dan abstrak, melainkan kontekstual dan transdisipliner, di mana SSI dan Green Chemistry menjadi pilar penting dalam membangun generasi ilmuwan dan warga yang bertanggung jawab terhadap masa depan planet. Isu-isu seperti penggunaan plastik, polusi udara, perubahan iklim, dan energi terbarukan merupakan contoh SSI yang tidak hanya mengandung muatan ilmiah, tetapi juga aspek sosial, moral, dan politik yang menuntut mahasiswa untuk berpikir reflektif dan membuat keputusan yang etis [22],[23]. SSI menghadirkan dilema yang

kontroversial dalam bentuk masalah yang tidak terstruktur dengan jelas, terbuka, dan kompleks [24],[25],[26]. Masalah-masalah ini dapat diperdebatkan dari berbagai sudut pandang oleh mahasiswa karena sering kali berkaitan erat juga dengan nilai moral dan etika [20]. Penyelesaian masalah SSI bersifat terbuka yang artinya tidak mempunyai satu solusi atau jawaban yang benar sehingga dapat memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengembangkan gagasannya. Melalui pendekatan ini, mahasiswa diharapkan tidak hanya memahami konsep kimia secara teoritis, tetapi juga mampu menerapkan konsep tersebut untuk membangun argumen berdasarkan data, fakta ilmiah, dan pertimbangan sosial.

Meskipun pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) telah banyak diterapkan dalam pembelajaran sains untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan argumentasi, sebagian besar penelitian masih berfokus pada tingkat sekolah menengah dan konteks sains secara umum, seperti biologi atau isu lingkungan [27]. Kajian mengenai keterampilan argumentasi dalam konteks pembelajaran kimia, khususnya yang berkaitan dengan isu sosial-kimia yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, masih sangat terbatas. Penelitian oleh Bodé et al [28] dan Martini et al [29] telah menggunakan kerangka Toulmin untuk menganalisis struktur argumentasi mahasiswa pada konteks geosains dan kimia organik. Namun, keduanya tidak dikaitkan dengan isu sosial-kimia dalam kerangka SSI, sehingga masih sangat sedikit penelitian yang secara eksplisit mengkaji argumentasi mahasiswa menggunakan TAP dalam konteks SSI kimia di perguruan tinggi. Padahal, kemampuan argumentasi ilmiah memiliki peran strategis dalam membentuk literasi sains dan kemampuan pengambilan keputusan mahasiswa secara reflektif dan berbasis bukti.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengkaji bagaimana mahasiswa pendidikan kimia di perguruan tinggi membangun argumen ilmiah berdasarkan kerangka TAP dalam konteks isu sosial-kimia melalui pendekatan SSI. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang dominan pada sains umum di jenjang sekolah, penelitian ini menyoroti interaksi antara konten kimia, isu sosial kontekstual, dan struktur argumentasi ilmiah secara simultan pada mahasiswa. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur nasional mengenai pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta memberikan landasan empirik untuk implementasi pembelajaran kimia yang lebih kontekstual dan argumentatif di jenjang pendidikan tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif deskriptif, karena peneliti ingin memperoleh gambaran yang jelas tentang frekuensi dan distribusi tingkat argumentasi mahasiswa terkait masalah SSI yang dianalisis menggunakan Rubrik *Level of Argumentation* [30]. Populasi penelitian adalah mahasiswa program studi Pendidikan Kimia FKIP Undana. Sampel yang digunakan adalah 75 mahasiswa yang tersebar dari semester 4 hingga semester 6, dipilih menggunakan teknik *sampling klaster*, dengan pertimbangan bahwa mahasiswa pada jenjang ini telah memperoleh pengetahuan kimia dasar dan memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih matang. Instrumen utama dalam penelitian ini adalah 10 soal argumentasi tertulis yang berfokus pada isu-isu sosiosaintifik (SSI) yang memenuhi kriteria valid dan tingkat reliabilitas tinggi (*Cronbach' alpha* = 0.795). Contoh narasi soal SSI adalah sebagai berikut

- *Pemerintah kota besar merencanakan kebijakan pelarangan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil untuk mengurangi polusi fotokimia akibat reaksi antara NO_x dan VOC di bawah sinar matahari. Namun, kebijakan ini menuai penolakan dari kelompok masyarakat berpenghasilan rendah yang masih bergantung pada kendaraan tua berbahan bakar fosil untuk bekerja dan beraktivitas sehari-hari. Di sisi lain, kelompok lingkungan mendesak agar kebijakan ini segera diberlakukan demi menekan paparan ozon*

troposfer yang membahayakan kesehatan. Menurut Anda, apakah kebijakan pelarangan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil di kota besar merupakan langkah yang tepat? Berikan argumen Anda dengan mempertimbangkan aspek ilmiah, sosial, dan etika.

- “Natrium benzoat banyak digunakan dalam makanan dan minuman kemasan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Meskipun secara ilmiah diakui aman dalam batas tertentu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi berlebih, terutama dalam kombinasi dengan vitamin C, dapat memicu pembentukan benzena yang bersifat karsinogenik. Di sisi lain, produsen makanan berpendapat bahwa tanpa pengawet sintesis, produk akan cepat rusak dan membahayakan konsumen karena mikroba. Menurut Anda, apakah penggunaan bahan pengawet kimia seperti natrium benzoat seharusnya dibatasi lebih ketat? Jelaskan argumen Anda dari sisi ilmiah, kesehatan, sosial, dan industri.”

Jawaban mahasiswa dianalisis menggunakan Rubrik *Level of Argumentation* yang terdiri dari enam tingkat (Level 0–5) seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Proses koding dilakukan oleh dua penilai (rater) independen yang telah melalui pelatihan dan kalibrasi awal terhadap rubrik. Setiap jawaban mahasiswa diberi skor berdasarkan kriteria rubrik, dan hasil koding dibandingkan untuk mengukur reliabilitas antarpemilai. Perbedaan skor diselesaikan melalui diskusi hingga mencapai kesepakatan. Skor akhir kemudian dianalisis secara statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi tingkat argumentasi mahasiswa.

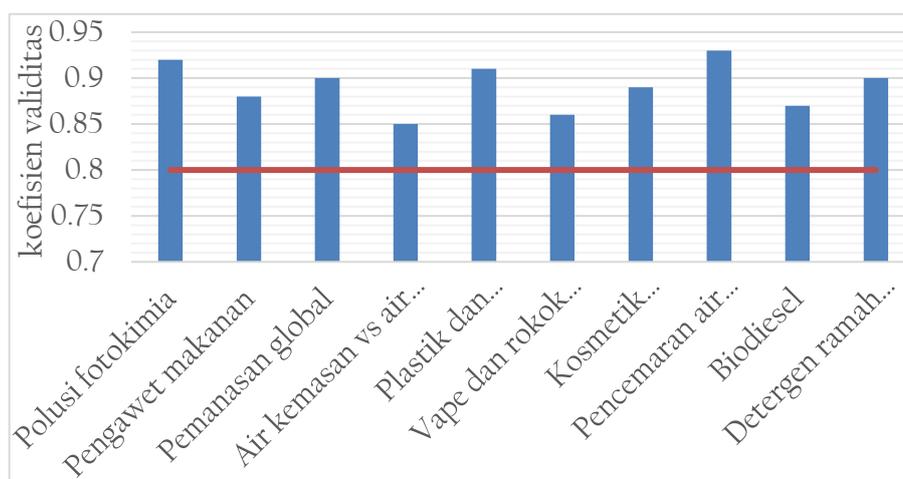
Tabel 1. Kategori Level Argumentasi modifikasi Osborne et al [30]

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis validitas isi terhadap 10 soal berbasis Socioscientific Issues (SSI) menunjukkan bahwa seluruh soal memiliki koefisien di atas 0,80, yang berarti valid dan layak digunakan. Uji reliabilitas internal menghasilkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,923, menandakan konsistensi yang sangat tinggi. Selain itu, uji *interrater reliability* dengan Cohen's Kappa sebesar 0,81 menunjukkan tingkat kesepakatan antar-pemilai yang sangat kuat. Dengan demikian, instrumen ini terbukti valid, reliabel, dan konsisten dalam menilai kemampuan argumentasi siswa.



Gambar 1. Hasil validitas instrumen soal SSI

Hasil analisis terhadap tingkat argumentasi mahasiswa menunjukkan bahwa distribusi level argumentasi membentuk pola piramida terbalik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Distribusi Level Argumentasi Mahasiswa

Level argumentasi	Deskripsi	Jumlah Mahasiswa
Level 1	Argumentasi mengandung sebuah klaim sederhana atau sebuah klaim tandingan	18,7 %
Level 2	Argumentasi mengandung klaim yang disertai <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , tetapi tidak mengandung <i>rebuttal</i>	32 %
Level 3	Argumentasi mengandung klaim yang disertai <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , serta adanya <i>rebuttal</i> yang lemah	28 %
Level 4	Argumentasi mengandung klaim dan <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , serta sebuah <i>rebuttal</i> yang kuat	13,3 %
Level 5	Argumentasi mengandung klaim dan <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> , lebih dari satu <i>rebuttal</i> yang kuat	8,0 %

Hasil distribusi menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa (32%) berada pada level 2, yaitu mampu menyusun argumen dengan menyertakan *claim* dan *data*. Ini berarti sebagian besar mahasiswa sudah mulai menunjukkan kemampuan berpikir kritis awal, namun belum mencapai tahapan argumentasi yang lebih kompleks. Keberadaan *data* sebagai pendukung *claim* menunjukkan adanya upaya mahasiswa untuk memberikan dasar argumen yang lebih meyakinkan, meskipun belum menyentuh aspek *warrant* atau justifikasi yang menjelaskan keterkaitan antara *data* dan *claim*. Selanjutnya, sebanyak 28% mahasiswa mencapai level 3, di mana mereka telah mampu menggunakan komponen *warrant* dalam argumentasi mereka. Ini merupakan perkembangan penting karena *warrant* merupakan inti dari struktur argumen menurut Toulmin, yang menghubungkan *data* dengan klaim dan memperkuat logika berpikir.

Level 1 ditempati oleh 18,7% mahasiswa yang hanya menyampaikan *claim* tanpa dukungan apa pun. Ini menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa masih memiliki kecenderungan menyatakan pendapat tanpa dasar yang kuat, atau mungkin belum terbiasa membangun argumen secara sistematis. Hal ini mencerminkan perlunya peningkatan keterampilan berpikir kritis dasar. Jumlah mahasiswa yang mampu mencapai level 4 (13,3%) dan level 5 (8%) masih tergolong rendah. Pada level 4, mahasiswa mulai menunjukkan kemampuan menambahkan *backing* atau pembenaran tambahan terhadap *warrant*, yang menunjukkan kedalaman pemahaman terhadap topik. Sementara pada level 5, hanya sebagian kecil mahasiswa yang mampu menyusun *rebuttal*, yaitu bentuk tanggapan terhadap potensi kontra-argumen. Rendahnya persentase pada level ini menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi reflektif dan dialogis masih belum berkembang optimal.

Setelah dianalisis berdasarkan tingkat argumentasi, terlihat bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada level menengah, yakni mampu menyusun argumen yang terdiri atas *claim* dan *data*, namun belum sepenuhnya menampilkan komponen-komponen yang lebih kompleks seperti *warrant*, *backing*, atau *rebuttal*. Temuan ini mengindikasikan bahwa struktur argumen yang dibangun cenderung sederhana dan belum berkembang secara menyeluruh. Untuk memahami lebih jauh kekuatan dan kelemahan struktur argumentasi yang disusun mahasiswa, dilakukan analisis lanjutan terhadap setiap komponen argumentasi berdasarkan kerangka Toulmin. Hasilnya disajikan pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Sebaran komponen argumentasi mahasiswa

Komponen Argumentasi	Jumlah Mahasiswa	Jumlah Mahasiswa
<i>Claim</i>	75	100 %
<i>Data</i>	62	82,7 %
<i>Warrant</i>	39	52,0 %
<i>Backing</i>	20	27,3 %
<i>Rebuttal</i>	11	14,7 %

Berdasarkan analisis komponen argumentasi yang disusun oleh mahasiswa, ditemukan bahwa *claim* merupakan komponen yang paling dominan dan muncul dalam seluruh respons (100%). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh mahasiswa mampu menyampaikan pernyataan atau pendapat utama dalam argumen mereka. Namun, hanya 82,7% yang menyertakan data sebagai dukungan terhadap *claim* mereka. Penurunan ini menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa belum sepenuhnya memahami pentingnya menyertakan bukti atau fakta pendukung dalam berargumen.

Lebih lanjut, keberadaan *warrant* atau penalaran logis yang menghubungkan data dengan *claim* hanya ditemukan pada 52% respons, mengindikasikan bahwa setengah dari mahasiswa belum mampu mengaitkan bukti dengan pernyataan secara eksplisit. Komponen *backing* yang memberikan dukungan tambahan terhadap *warrant* hanya digunakan oleh 27,3% mahasiswa, memperlihatkan kelemahan dalam penguatan argumen mereka. Yang paling jarang muncul adalah *rebuttal*, yaitu argumen yang mengantisipasi atau menanggapi potensi sanggahan, yang hanya disusun oleh 14,7% mahasiswa. Rendahnya proporsi ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan reflektif dalam menyusun argumen yang mempertimbangkan pandangan berbeda masih sangat terbatas.

Pembahasan

Secara umum, distribusi tingkat argumentasi ini membentuk pola piramida terbalik, di mana semakin tinggi kompleksitas struktur argumen, semakin sedikit mahasiswa yang mampu

mencapainya. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa lebih mudah menyusun argumen yang bersifat sederhana, seperti menyatakan klaim atau menyertakan data pendukung, tetapi kesulitan ketika dituntut untuk menyusun argumentasi yang melibatkan penalaran logis mendalam (*warrant*), dukungan ilmiah (*backing*), maupun tanggapan kritis terhadap argumen berlawanan (*rebuttal*) [31],[32]. Fenomena ini konsisten dengan temuan Sadler [33] dan Osborne et al [30], yang menegaskan bahwa tanpa intervensi pedagogis eksplisit, siswa cenderung berhenti pada tingkat argumentasi dasar hingga menengah. Lebih lanjut, penelitian oleh Nussbaum & Edwards [32] juga menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan *rebuttal* merupakan tantangan utama dalam pendidikan sains, karena memerlukan kemampuan berpikir reflektif dan keterbukaan terhadap perspektif alternatif.

Argumen yang lengkap dan kritis, terutama yang melibatkan *rebuttal*, merupakan indikator kematangan berpikir ilmiah yang belum banyak dicapai oleh mahasiswa pada umumnya [34]. Dalam konteks pembelajaran berbasis isu sosial-kimia, mahasiswa cenderung mengembangkan argumen dengan struktur sederhana, dan hanya sebagian kecil yang mampu menyusun argumen lengkap dengan *backing* dan *rebuttal*. Struktur argumen yang kompleks seperti ini jarang berkembang secara alami tanpa pelatihan eksplisit, karena siswa dan mahasiswa sering tidak terbiasa mengevaluasi sudut pandang yang bertentangan dalam konteks ilmiah [35],[36],[9]. Dalam SSI, sebuah isu biasanya bersifat terbuka, kontroversial, dan multidimensi. Agar dapat menyusun *rebuttal* yang baik, mahasiswa perlu mengevaluasi berbagai posisi yang saling bertentangan, memeriksa bukti dari berbagai sumber, dan menimbang konsekuensi sosial serta etika dari klaim yang diajukan [37]. Proses ini menuntut pemahaman lintas disiplin dan kemampuan berpikir reflektif yang tidak secara otomatis muncul dalam pembelajaran sains konvensional. Contoh argumentasi yang melibatkan pemahaman lintas disiplin dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Contoh Argumentasi Lintas Disiplin Mahasiswa pada Isu Sosial-Kimia dengan Pendekatan Toulmin

Isu SSI	Konsep Kimia	Disiplin Terkait	Pemahaman lintas disiplin	Bentuk Argumentasi
Polusi plastik dan mikroplastik	Struktur dan sifat polimer, degradasi plastik, reaksi pembakaran	Ilmu lingkungan, ekonomi, etika	Dampak lingkungan laut, biaya pengelolaan ulang, ketimpangan bagi masyarakat pesisir, dan tanggung jawab produsen atas limbah plastik.	Claim: Penggunaan plastik harus dikurangi. Data: 11 juta ton plastik masuk laut tiap tahun (UNEP, 2021). Warrant: Plastik tidak mudah terurai dan mencemari ekosistem. Backing: Berdasarkan sifat kimia polimer, plastik tahan degradasi. Rebuttal: Meski murah dan praktis, dampaknya lebih besar bagi lingkungan dan masyarakat pesisir.
Bahan kimia dalam kosmetik	Zat aditif, pengawet sintetis,	Kesehatan, Etika,	Efek bahan sintesis, persepsi	Claim: Bahan alami lebih aman bagi konsumen.

dan makanan	stabilitas senyawa dalam tubuh	Psikologi Konsumen	publik, hak atas informasi.	Data: Bahan sintetis bisa menyebabkan iritasi atau alergi. Warrant: Senyawa sintetis sering bersifat reaktif dalam tubuh. Backing: Berdasarkan studi dermatologi dan toksikologi. Rebuttal: Meskipun lebih stabil dan murah, penggunaannya harus tetap diawasi secara ketat.
Penggunaan Vape dan Rokok Elektrik	Senyawa kimia dalam cairan vape (nikotin, formaldehida, propilen glikol), reaksi pembakaran tidak sempurna, aerosol	Kimia Kesehatan, Toksikologi, Etika Kesehatan Masyarakat	Dampak senyawa kimia dalam vape terhadap paru-paru dan sistem saraf, persepsi masyarakat terhadap “rokok sehat”, regulasi produk tembakau alternatif, dan pengaruhnya terhadap remaja.	Claim: Vape bukan alternatif sehat dari rokok. Data: Vape mengandung nikotin, formaldehida, dan logam berat dari coil pemanas (CDC, 2021). Warrant: Senyawa tersebut bersifat adiktif dan toksik, dapat merusak paru-paru. Backing: Studi kimia menunjukkan pemanasan propilen glikol menghasilkan senyawa karsinogenik. Rebuttal: Meski vape dipromosikan lebih aman, data jangka panjang membuktikan tetap berisiko dan berpotensi jadi pintu awal kecanduan nikotin.

Dari sisi pedagogis, pelaksanaan pembelajaran kimia juga masih dominan berorientasi pada hafalan fakta dan prosedur daripada pengembangan keterampilan berpikir kritis dan argumentatif[38]. Hal ini dapat dilihat dari minimnya pembelajaran berbasis dialog, serta kurangnya waktu dan perhatian dalam proses pembelajaran untuk mengeksplorasi struktur argumen yang lebih kompleks. pengalaman belajar mahasiswa umumnya belum melatih mereka untuk berpikir dalam kerangka banyak perspektif[39]. Keterbatasan dalam kemampuan literasi informasi juga menjadi kendala. Tanpa penguasaan yang baik terhadap sumber ilmiah dan kemampuan mengevaluasi bukti, mahasiswa kesulitan menemukan *backing* yang sah dan menyusun *rebuttal* yang masuk akal terhadap argumen lawan. Dalam kajian Wagner et al [40] dijelaskan bahwa kemampuan mahasiswa untuk mendeteksi kesalahan logika dan membangun tanggapan yang rasional terhadap argumen lemah sangat bergantung pada pelatihan dalam logika

informal, yang sayangnya masih jarang diberikan di banyak kurikulum sains. Oleh karena itu, struktur argumen mahasiswa yang masih sederhana mencerminkan tantangan mendasar dalam pendidikan sains: kurangnya integrasi pembelajaran argumentatif secara eksplisit, minimnya latihan berpikir kritis dalam konteks sosial, dan kebutuhan akan strategi pedagogis yang mendorong eksplorasi perspektif berbeda.

Agar mahasiswa mampu membangun argumen lengkap dengan *backing* dan *rebuttal*, perlu diterapkan pendekatan pembelajaran yang secara konsisten dan terstruktur mendorong terjadinya diskusi kritis, penggunaan rubrik Toulmin yang lengkap, serta pemodelan debat ilmiah yang bersifat kolaboratif dan reflektif. Selain itu, materi yang di bahas dalam diskusi juga perlu diangkat dari kehidupan sehari-hari siswa[41]. Dengan memberikan ruang yang cukup bagi mahasiswa untuk berlatih menyusun sanggahan terhadap berbagai argumen yang mungkin muncul dalam isu sosial-kimia, diharapkan mereka dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang lebih mendalam dan reflektif[42]. Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan seruan banyak peneliti untuk mereformasi pembelajaran sains menjadi lebih dialogis dan reflektif, agar lulusan pendidikan sains tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mampu berargumentasi secara ilmiah dalam menghadapi isu-isu kontemporer.

KESIMPULAN

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi mahasiswa dalam konteks isu sosial-kimia masih didominasi oleh struktur argumentasi yang sederhana, terutama pada aspek *claim* dan *data*. Hanya sebagian kecil mahasiswa yang mampu membangun argumen secara utuh dengan menyertakan *warrant*, *backing*, dan *rebuttal*, yang menunjukkan keterbatasan dalam mengelaborasi dimensi konseptual dan sosial dari isu yang dikaji. Hal ini mencerminkan bahwa proses penyusunan argumentasi ilmiah yang kompleks membutuhkan dukungan pembelajaran yang eksplisit dan kontekstual. Pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) terbukti memberikan ruang yang strategis untuk melatih keterampilan berpikir kritis, reflektif, dan lintas disiplin. Melalui keterlibatan dalam isu-isu seperti polusi plastik, energi bersih, atau bahan kimia dalam pangan, mahasiswa dituntut tidak hanya memahami konsep kimia secara mendalam, tetapi juga mempertimbangkan dimensi etika, lingkungan, dan sosial dalam menyusun argumen. Integrasi SSI berpotensi memperkuat kesadaran ekologis dan nilai keberlanjutan dalam pembelajaran kimia. Dengan demikian, pembelajaran kimia berbasis SSI perlu dioptimalkan tidak hanya sebagai pendekatan kontekstual, tetapi juga sebagai strategi pedagogis untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah yang utuh, bernuansa nilai, dan relevan dengan kehidupan nyata. Untuk mendukung penguatan kemampuan ini, diperlukan perancangan tugas-tugas pembelajaran yang menantang, rubrik argumentasi berbasis model Toulmin, serta pelatihan dosen dan guru dalam fasilitasi diskusi argumentatif berbasis isu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Yaman and B. Hand, "Examining pre-service science teachers' development and utilization of written and oral argument and representation resources in an argument-based inquiry environment," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 23, no. 4, pp. 948–968, Aug. 2022, doi: 10.1039/d2rp00152g.
- [2] C. Cigdemoglu, H. O. Arslan, and A. Cam, "Argumentation to foster pre-service science teachers' knowledge, competency, and attitude on the domains of chemical literacy of acids and bases," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 18, no. 2, pp. 288–303, 2017, doi: 10.1039/c6rp00167j.
- [3] Sibel. Erduran and Marilar. Aleixandre, *Argumentation in science education : perspectives from classroom-based research*. Springer, 2007.

- [4] D. Cross, G. Taasobshirazi, S. Hendricks, and D. T. Hickey, "Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities," *Int J Sci Educ*, vol. 30, no. 6, pp. 837–861, May 2008, doi: 10.1080/09500690701411567.
- [5] E. B. Van Lacum, M. A. Ossevoort, and M. J. Goedhart, "A teaching strategy with a focus on argumentation to improve undergraduate students' ability to read research articles," *CBE Life Sci Educ*, vol. 13, no. 2, pp. 253–264, Jun. 2014, doi: 10.1187/cbe.13-06-0110.
- [6] M. Bathgate, A. Crowell, C. Schunn, M. Cannady, and R. Dorph, "The Learning Benefits of Being Willing and Able to Engage in Scientific Argumentation," *Int J Sci Educ*, vol. 37, no. 10, pp. 1590–1612, Jul. 2015, doi: 10.1080/09500693.2015.1045958.
- [7] E. Altun and T. Ozsevec, "Making Argumentation-Based Learning and Teaching Happen: Exploring the Development of Pre-Service Science Teachers' Argumentation Competencies," *Sci Educ (Dordr)*, 2025, doi: 10.1007/s11191-024-00612-1.
- [8] L. Guilfoyle, J. Hillier, and N. Fancourt, "Students' argumentation in the contexts of science, religious education, and interdisciplinary science-religious education scenarios," *Res. Sci. Technol. Educ.*, vol. 41, no. 2, pp. 759–776, 2023, doi: 10.1080/02635143.2021.1947223.
- [9] A. Beniermann, L. Mecklenburg, and A. Upmeier Zu Belzen, "Reasoning on controversial science issues in science education and science communication," *Educ Sci (Basel)*, vol. 11, no. 9, Sep. 2021, doi: 10.3390/educsci11090522.
- [10] M. Aydeniz and A. Dogan, "Exploring the impact of argumentation on pre-service science teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 17, no. 1, pp. 111–119, 2016, doi: 10.1039/c5rp00170f.
- [11] J. P. Walker, A. G. Van Duzor, and M. A. Lower, "Facilitating Argumentation in the Laboratory: The Challenges of Claim Change and Justification by Theory," *J Chem Educ*, vol. 96, no. 3, pp. 435–444, Mar. 2019, doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00745.
- [12] Y. Herlanti, "Analisis argumentasi mahasiswa pendidikan biologi pada isu sociosainifik konsumsi genetically modified organism (GMO)," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2014. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii>
- [13] C. Sudarini *et al.*, "Profil level argumentasi topik hujan es di Surabaya pada mahasiswa FMIPA Universitas Negeri Surabaya," *J. Ilm. Pendidik. Profesi*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.58706/jipp.
- [14] W. Kartika Sari and E. I. Nada, "Analisis kemampuan argumentasi ilmiah mahasiswa pendidikan kimia pada pembelajaran daring," *National Conference of Islamic Natural Science*, vol. 1, no. 1, 2021. [Online]. Available: <https://proceeding.iainkudus.ac.id/index.php/NCOINS/article/view/53/21>
- [15] A. N. Taufik, L. Berlian, A. Iman, and R. Tarisa, "Profil kemampuan argumentasi lisan berbasis socioscientific issues mahasiswa pendidikan IPA pada mata kuliah mikrobiologi," *PENDIPA J. Sci. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 832–838, 2022. [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pendipa>
- [16] K. E. N. Bambut and S. Rahayu, "The patterns of discussion in teaching argumentation skills in chemistry learning," in *AIP Conf. Proc.*, vol. 2215, Apr. 2020, Art. no. 050003, doi: 10.1063/5.0000529.
- [17] D. W. Johnson and R. T. Johnson, "Energizing learning: The instructional power of conflict," *Educ. Res.*, vol. 38, no. 1, pp. 37–51, Jan. 2009, doi: 10.3102/0013189X08330540.

- [18] P. J. Friedrichsen, T. D. Sadler, K. Graham, and P. Brown, "Design of a socio-scientific issue curriculum unit: Antibiotic resistance, natural selection, and modeling," *Int. J. Des. Learn.*, vol. 7, no. 1, Feb. 2016, doi: 10.14434/ijdl.v7i1.19325.
- [19] Y. Herlanti, "Analisis argumentasi mahasiswa pendidikan biologi pada isu sociosainifik konsumsi genetically modified organism (GMO)," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2014. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii>
- [20] D. C. Owens, T. D. Sadler, and P. Friedrichsen, "Teaching Practices for Enactment of Socio-scientific Issues Instruction: an Instrumental Case Study of an Experienced Biology Teacher," *Res Sci Educ*, vol. 51, no. 2, pp. 375–398, Apr. 2021, doi: 10.1007/s11165-018-9799-3.
- [21] F. A. Nurrahmah and E. Nawawi, "Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis green chemistry pada praktikum laju reaksi di laboratorium SMA," *J. Beta Kim.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–33, May 2023, doi: 10.35508/jbk.v3i1.11258.
- [22] H. Y. Ho *et al.*, "Above- and below-average students think differently: Their scientific argumentation patterns," *Think Skills Creat*, vol. 34, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.tsc.2019.100607.
- [23] M. Berndt, F. M. Schmidt, M. Sailer, F. Fischer, M. R. Fischer, and J. M. Zottmann, "Investigating statistical literacy and scientific reasoning & argumentation in medical-, social sciences-, and economics students," *Learn Individ Differ*, vol. 86, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.lindif.2020.101963.
- [24] K. J. Sagmeister, C. W. Schinagl, S. Kapelari, and P. Vrabl, "Students' Experiences of Working With a Socio-Scientific Issues-Based Curriculum Unit Using Role-Playing to Negotiate Antibiotic Resistance," *Front Microbiol*, vol. 11, Jan. 2021, doi: 10.3389/fmicb.2020.577501.
- [25] T. S. Hancock, P. J. Friedrichsen, A. T. Kinslow, and T. D. Sadler, "Selecting Socio-scientific Issues for Teaching: A Grounded Theory Study of How Science Teachers Collaboratively Design SSI-Based Curricula," *Sci Educ (Dordr)*, vol. 28, no. 6–7, pp. 639–667, Sep. 2019, doi: 10.1007/s11191-019-00065-x.
- [26] D. L. Zeidler and B. H. Nichols, "Socioscientific issues: Theory and practice," *J. Elem. Sci. Educ.*, vol. 21, no. 2, pp. 49–58, Mar. 2009, doi: 10.1007/bf03173684.
- [27] S. Ban and S. N. D. Mahmud, "Research and trends in socio-scientific issues education: A content analysis of journal publications from 2004 to 2022," *Sustainability*, vol. 15, no. 15, Art. no. 11841, Aug. 2023, doi: 10.3390/su15111841.
- [28] N. E. Bodé, J. M. Deng, and A. B. Flynn, "Getting Past the Rules and to the WHY: Causal Mechanistic Arguments When Judging the Plausibility of Organic Reaction Mechanisms," *J Chem Educ*, vol. 96, no. 6, pp. 1068–1082, Jun. 2019, doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00719.
- [29] W. Martini, A. Widodo, A. Qosyim, M. A. Mahdiannur, and B. Jatmiko, "Improving undergraduate science education students' argumentation skills through debates on socioscientific issues," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 10, no. 3, pp. 428–438, Sep. 2021, doi: 10.15294/jpii.v10i3.30050.
- [30] J. Osborne, S. Erduran, and S. Simon, "Enhancing the quality of argumentation in school science," *J Res Sci Teach*, vol. 41, no. 10, pp. 994–1020, Dec. 2004, doi: 10.1002/tea.20035.
- [31] B. B. Schwarz, Y. Neuman, and S. Biezuner, "Two wrongs may make a right ... If they argue together!," *Cogn Instr*, vol. 18, no. 4, pp. 461–494, 2000, doi: 10.1207/S1532690XCII1804_2.

- [32] E. M. Nussbaum and O. V. Edwards, "Critical questions and argument stratagems: A framework for enhancing and analyzing students' reasoning practices," *J. Learn. Sci.*, vol. 20, no. 3, pp. 443–488, Jul. 2011, doi: 10.1080/10508406.2011.564567.
- [33] T. D. Sadler, "Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 41, no. 5, pp. 513–536, May 2004, doi: 10.1002/tea.20009.
- [34] M. Bächtold, G. Pallarès, K. De Checchi, and V. Munier, "Combining debates and reflective activities to develop students' argumentation on socioscientific issues," *J Res Sci Teach*, vol. 60, no. 4, pp. 761–806, Apr. 2023, doi: 10.1002/tea.21816.
- [35] C. Viehmann, J. M. F. Cárdenas, and C. G. R. Peña, "The use of socioscientific issues in science lessons: A scoping review," *Sustainability*, vol. 16, no. 14, Art. no. 5827, Jul. 2024, doi: 10.3390/sul16145827.
- [36] H. A. Yacoubian and R. Khishfe, "Argumentation, critical thinking, nature of science and socioscientific issues: a dialogue between two researchers," *Int J Sci Educ*, vol. 40, no. 7, pp. 796–807, May 2018, doi: 10.1080/09500693.2018.1449986.
- [37] J. Johnson, A. Z. Macalalag, and J. Dunphy, "Incorporating socioscientific issues into a STEM education course: Exploring teacher use of argumentation in SSI and plans for classroom implementation," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 2, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s43031-020-00026-3.
- [38] K. N. Hosbein, M. A. Lower, and J. P. Walker, "Tracking Student Argumentation Skills across General Chemistry through Argument-Driven Inquiry Using the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom Observation Protocol," *J Chem Educ*, vol. 98, no. 6, pp. 1875–1887, Jun. 2021, doi: 10.1021/acs.jchemed.0c01225.
- [39] S. Rahayu, K. E. N. Bambut, and F. Fajaroh, "Do different discussion activities in developing scientific argumentation affect students' motivation in chemistry?," *Cakrawala Pendidik*, vol. 39, no. 3, pp. 679–693, Oct. 2020, doi: 10.21831/cp.v39i3.32228..
- [40] T. Demircioglu, M. Karakus, and S. Ucar, "Developing Students' Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality-Based Argumentation Activities in Science Classes," *Sci Educ (Dordr)*, vol. 32, no. 4, pp. 1165–1195, Aug. 2023, doi: 10.1007/s11191-022-00369-5.
- [41] S. F. Tomo, M. A. Uron Leba, and Y. R. Tinenti, "Implementasi Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Materi Keseimbangan Kimia," *Jurnal Beta Kimia*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, Apr. 2024, doi: 10.35508/jbk.v4i1.15035.
- [42] U. Betul Cebesoy and S. N. Chang Rundgren, "Embracing socioscientific issues-based teaching and decision-making in teacher professional development," *Educ Rev (Birm)*, vol. 75, no. 3, pp. 507–534, 2023, doi: 10.1080/00131911.2021.1931037.