

Analisis Tren Penelitian Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA Tahun 2015–2024: Sebuah Studi Bibliometrik

Octavia Ulya Mafaza¹, Siswanto^{2*}, Suwito Singgih³
^{1,2,3} Universitas Tidar, Indonesia

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p><i>Riwayat Artikel:</i> Diterima: 25-11-2025 Disetujui: 31-12-2025 Diterbitkan: 31-12-2025</p> <p><i>Kata kunci:</i> Argumentasi Ilmiah Pembelajaran IPA Tren Penelitian</p>	<p>Abstract: This study aims to analyze research trends on scientific argumentation in science learning from 2015 to 2024. This study uses a literature review method with a content analysis approach to 123 scientific articles collected through national and international databases. The results show dynamic developments throughout 2015 to 2024, with a focus still centered on the high school level and inquiry-based learning models, especially the Argument-Driven Inquiry (ADI) learning model. Areas that have received less attention include the elementary school level, teacher-driven research, the use of digital technology, and science fields such as earth and environmental science. These findings provide an important contribution in mapping research gaps that have not been widely explored, while also offering directions for the development of broader and more relevant scientific argumentation research in the future.</p> <p>Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis tren penelitian mengenai argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA pada tahun 2015–2024. Penelitian ini menggunakan metode <i>literature review</i> dengan pendekatan analisis isi (<i>content analysis</i>) terhadap 123 artikel ilmiah yang dikumpulkan melalui basis data nasional dan internasional. Hasil penelitian menunjukkan perkembangan dinamis sepanjang 2015–2024, dengan fokus yang masih terpusat pada jenjang SMA dan model pembelajaran berbasis inkuiri, terutama model pembelajaran <i>Argument-Driven Inquiry</i> (ADI). Area yang masih kurang mendapat perhatian mencakup jenjang SD, penelitian berbasis guru, pemanfaatan teknologi digital, serta bidang IPA seperti ilmu bumi dan lingkungan. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam memetakan celah penelitian yang selama ini belum banyak dieksplorasi, sekaligus menawarkan arah pengembangan riset argumentasi ilmiah yang lebih luas dan relevan ke depan.</p>
<p><i>Alamat Korespondensi:</i> Siswanto Universitas Tidar, Indonesia E-mail: siswanto@untidar.ac.id</p>	

PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan IPA di abad ke-21 menuntut peserta didik untuk tidak hanya menguasai konsep-konsep ilmiah, tetapi juga mampu berpikir kritis, berargumentasi berdasarkan bukti, serta mengambil keputusan secara ilmiah. Dalam konteks ini, argumentasi ilmiah menjadi salah satu keterampilan kunci yang perlu dikembangkan di sekolah karena berperan penting dalam membangun penalaran berbasis bukti dan pemahaman konseptual yang mendalam (Asterhan et al., 2016). Melalui argumentasi ilmiah, peserta didik belajar menyampaikan klaim yang didukung data, memberikan justifikasi logis, serta mengevaluasi argumen lain, sehingga praktik pembelajaran lebih mendekati cara ilmuwan dalam menghasilkan pengetahuan (Iwuanyanwu, 2023). Oleh karena itu, pemahaman

mengenai tren penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA diperlukan untuk melihat bagaimana kompetensi kunci ini berkembang dan bagaimana arah penelitian menguat dalam satu dekade terakhir.

Analisis tren penelitian memiliki manfaat strategis bagi dunia akademik karena dapat memberikan gambaran tentang arah dan dinamika penelitian dalam suatu bidang, termasuk topik yang berkembang, area yang kurang diteliti, serta pola metodologis yang dominan (Lin et al., 2019). Namun, hasil kajian literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian tren pendidikan IPA dalam sepuluh tahun terakhir masih berfokus pada pemetaan tren umum, seperti tren topik *STEM education*, *inquiry-based learning*, dan *scientific literacy* (Li et al., 2020; Urdanivia Alarcon et al., 2023a; Zaida Ilma & Kuswanto, 2025). Kajian tersebut menelaah publikasi berdasarkan topik besar dan bidang kajian (fisika, biologi, kimia), tetapi belum secara mendalam memetakan perkembangan penelitian argumentasi ilmiah sebagai fokus yang berdiri sendiri, baik dari sisi topik yang dikaji, karakteristik partisipan, maupun pendekatan pembelajaran yang digunakan.

Selain itu, kajian sebelumnya lebih banyak mengandalkan bibliometrik berskala luas dan belum menelaah variabel pedagogis yang memengaruhi pengembangan kemampuan argumentatif siswa (Lin et al., 2019). Padahal, argumentasi ilmiah merupakan komponen esensial dalam pembelajaran berbasis inkuiri dan literasi ilmiah sesuai arah utama pengembangan kurikulum IPA saat ini (Erduran et al., 2022), serta memiliki peran strategis pada era IPTEK modern karena melatih penggunaan bukti, keterbukaan terhadap kritik, dan evaluasi rasional (Wess et al., 2023). Dalam konteks perkembangan IPTEK modern, kemampuan berargumentasi secara ilmiah juga penting untuk melawan disinformasi sains dan meningkatkan literasi ilmiah masyarakat (Fortus et al., 2022). Kesenjangan inilah yang menegaskan perlunya kajian komprehensif mengenai tren penelitian argumentasi ilmiah dengan cakupan analisis yang lebih terarah dan mendalam.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini secara sistematis menelusuri perkembangan riset argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015–2024 dengan memadukan analisis isi dan pemetaan bibliometrik untuk menggambarkan pola publikasi berdasarkan tahun, negara asal peneliti, subjek penelitian, intervensi pembelajaran, bidang kajian IPA, dan materi ajar. Pendekatan ini memberikan pemetaan terstruktur yang belum dimunculkan pada studi sebelumnya, sehingga menawarkan dasar ilmiah yang lebih kuat untuk memahami evolusi penelitian argumentasi ilmiah dan arah pengembangannya ke depan.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: (1) Bagaimana perkembangan jumlah publikasi penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?; (2) Asal peneliti dari negara mana saja yang berkontribusi dalam penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?; (3) Siapa saja subjek penelitian yang berpartisipasi dalam penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?; (4) Apa saja intervensi penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?; (5) Bagaimana sebaran hasil penelitian berdasarkan cabang-cabang Ilmu Pengetahuan Alam dalam penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?; (6) Materi apa saja yang diajarkan dalam penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024?

METODE

Penelitian ini merupakan studi tinjauan literatur (*literature review*) yang dilakukan dengan pendekatan analisis isi (*content analysis*) untuk mengidentifikasi tren dan fokus penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA. Penelusuran artikel dilakukan pada jurnal-jurnal yang terindeks dalam basis data bereputasi, seperti *Scopus* dan *SINTA (Science and Technology Index)*. Dalam proses penelusuran, digunakan kata kunci utama dan kombinasi dari beberapa kata kunci yang relevan, di antaranya: "*scientific argumentation*" dan "*argumentation in science education*". Kombinasi kata kunci ini digunakan untuk memperoleh hasil pencarian yang lebih spesifik sesuai dengan bidang studi, sekaligus memperluas cakupan dokumen yang relevan untuk dianalisis.

Pencarian artikel dibatasi pada periode tahun 2015 hingga 2024 dan difokuskan pada publikasi yang memenuhi kriteria berikut: (1) Artikel dimuat dalam jurnal ilmiah yang terindeks *Scopus* (untuk jurnal internasional) atau SINTA (*Science and Technology Index*) untuk jurnal nasional); (2) Jurnal berada dalam kategori *Education & Educational Research*; (3) Artikel ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris; dan (4) Artikel membahas argumentasi ilmiah dalam konteks pembelajaran IPA, mencakup bidang lingkup IPA yaitu Fisika, Biologi, atau Kimia pada jenjang SD, SMP, SMA, atau Perguruan Tinggi.

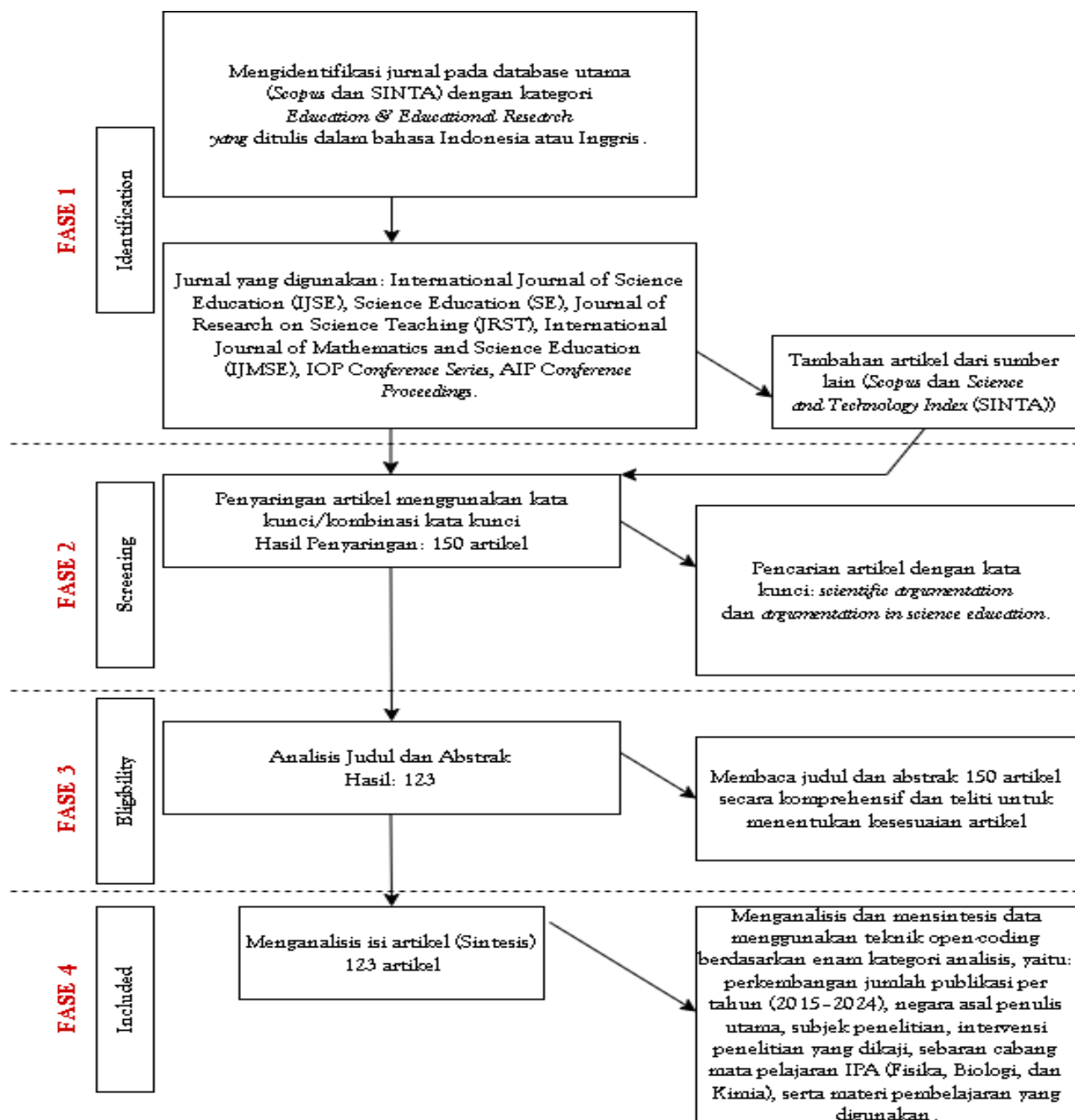
Tabel 1. Hasil Pelacakan Artikel

Jurnal	Hasil Penelusuran	Hasil Penelusuran yang Sesuai
<i>International Journal of Science Education</i> (IJSE)	39	24
<i>International Journal of Science and Mathematics Education</i> (IJMSE)	9	9
<i>Science Education</i> (SE)	13	9
<i>Journal of Research in Science Teaching</i> (JRST)	21	14
<i>IOP Conference Series: Journal of Physics Conference Series</i>	33	33
<i>AIP Conference Prosedings</i>	12	12
Lainnya (On Data Base: <i>Scopus</i> dan <i>Science and Technology Index</i> (SINTA))	23	22
Jumlah	150	123

Strategi Penelusuran

Proses seleksi artikel dilakukan secara sistematis untuk memastikan kesesuaian dengan fokus penelitian. Tahap awal dilakukan melalui penelusuran pada database *Scopus* dan SINTA menggunakan kombinasi kata kunci “*scientific argumentation*” dan “*argumentation in science education*.” Pencarian dibatasi pada artikel tahun 2015–2024 yang dimuat dalam jurnal kategori *Education & Educational Research*. Dari hasil penelusuran diperoleh 150 artikel yang berpotensi relevan dengan topik penelitian. Selanjutnya dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Artikel yang tidak membahas argumentasi ilmiah dalam konteks pembelajaran IPA atau tidak memenuhi standar metodologis dikeluarkan dari analisis. Setelah seleksi dilakukan, terpilih 123 artikel yang layak dianalisis. Rincian jumlah artikel yang sesuai disajikan pada Tabel 1, dengan sebagian besar berasal dari *International Journal of Science Education* (IJSE), *Science Education* (SE), *Journal of Research in Science Teaching* (JRST), *IOP Conference Series*, dan *AIP Conference Proceedings*.

Artikel terpilih kemudian dikelompokkan berdasarkan tahun publikasi, negara asal penulis, partisipan penelitian, intervensi peneliti yang dikaji, serta bidang kajian dan materi IPA. Proses ini menghasilkan data yang valid dan representatif untuk menggambarkan tren penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA pada periode 2015–2024.



Analisis Data

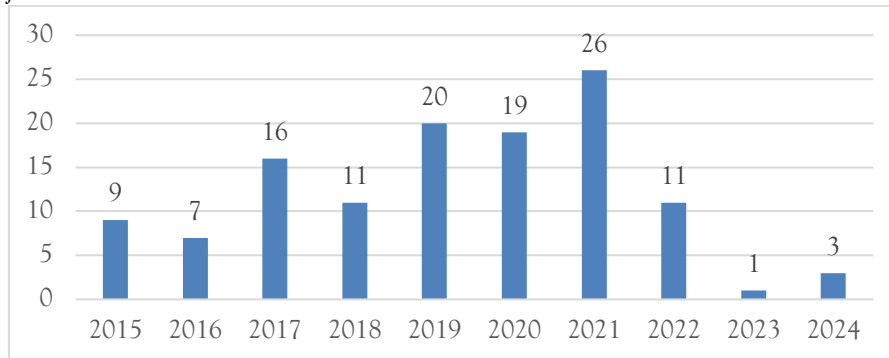
Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik *open-coding* yang berfokus pada bagian abstrak dari setiap artikel terpilih. Pembacaan abstrak dilakukan secara cermat untuk mengidentifikasi elemen-elemen penting yang relevan dengan fokus penelitian, seperti tujuan, metode, intervensi penelitian yang dikaji, subjek penelitian, serta hasil utama penelitian. Penggunaan bagian abstrak dipilih karena ringkas tetapi mampu merepresentasikan inti penelitian, sehingga efektif untuk mengidentifikasi tren secara luas tanpa harus menelaah keseluruhan isi artikel. Namun, apabila informasi yang diperlukan tidak ditemukan secara lengkap dalam abstrak, maka dilakukan pembacaan menyeluruh terhadap isi artikel dengan teknik pemindaian (*scanning*) untuk memperoleh data sesuai dengan rumusan masalah penelitian.

Setiap abstrak yang diperoleh kemudian dikodekan berdasarkan tema dan fokus kajian yang muncul. Artikel dikategorikan sesuai dengan rumusan masalah penelitian, yaitu: (1) perkembangan jumlah publikasi penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA tahun 2015-2024; (2) negara-negara yang berkontribusi dalam publikasi penelitian tersebut; (3) subjek penelitian yang digunakan dalam setiap studi; (4) intervensi penelitian; (5) sebaran hasil penelitian berdasarkan cabang-cabang Ilmu Pengetahuan Alam (Fisika, Biologi, dan Kimia); serta (6) materi pembelajaran IPA yang

diajarkan dalam konteks argumentasi ilmiah. Pengelompokan ini dilakukan untuk memetakan arah dan distribusi penelitian secara sistematis, sekaligus menggambarkan keterkaitan antarunsur penelitian dalam konteks pembelajaran IPA. Selanjutnya, data yang telah dikode dianalisis secara deskriptif untuk menampilkan pola dan kecenderungan umum dalam penelitian argumentasi ilmiah. Frekuensi kemunculan tiap kategori dihitung dan diinterpretasikan guna mengidentifikasi aspek yang paling dominan, baik dari segi publikasi, negara kontributor, maupun fokus kajian. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk memperjelas perbandingan antar komponen. Melalui analisis berbasis abstrak dan pemindaian artikel ini, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai arah, intensitas, dan perkembangan riset argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA selama periode 2015–2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis sebanyak 123 artikel yang membahas argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA pada rentang waktu 2015–2024. Analisis difokuskan pada grafik dan tabel dari tiap komponen berdasarkan rumusan masalah. Setiap grafik menggambarkan dimensi berbeda, mulai dari perkembangan jumlah publikasi, sebaran negara peneliti, subjek penelitian yang digunakan, intervensi penelitian yang dikaji, hingga bidang kajian dan materi IPA yang paling sering diteliti. Hasil analisis ini memberikan gambaran komprehensif mengenai arah perkembangan penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA selama satu dekade terakhir.



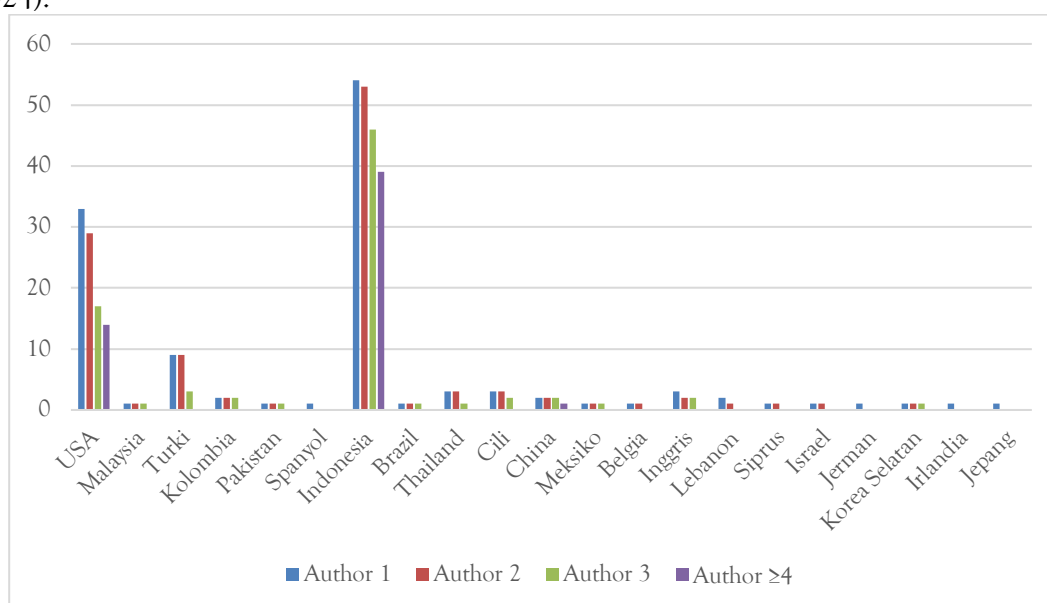
Gambar 1. Perkembangan Jumlah Publikasi Penelitian tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah publikasi penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA mengalami pola fluktuatif sepanjang periode 2015–2024. Pada awal periode (2015–2016), publikasi masih relatif sedikit (9 dan 7 artikel). Peningkatan signifikan mulai tampak pada tahun 2017 (16 artikel) dan mencapai puncak pada 2021 (26 artikel). Lonjakan tersebut mencerminkan meningkatnya perhatian peneliti terhadap integrasi keterampilan argumentasi ilmiah dalam pendidikan sains, sejalan dengan tren global yang menekankan pentingnya pengembangan kemampuan berargumentasi secara ilmiah dalam konteks pembelajaran berbasis bukti (Antonio & Prudente, 2023a; Lestari et al., 2024a). Setelah tahun 2021, jumlah publikasi mengalami penurunan tajam menjadi 11 artikel (2022), bahkan hanya 1 artikel pada 2023 dan sedikit meningkat menjadi 3 artikel pada 2024. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan pergeseran fokus penelitian ke arah inovasi pembelajaran berbasis digital pasca-pandemi COVID-19, di mana sebagian besar riset pendidikan lebih berorientasi pada adaptasi teknologi daripada pendalaman aspek argumentatif (Satyaloka & Padmaningrum, 2025). Meskipun demikian, periode 2017–2021 tetap menjadi fase paling produktif yang menandai *golden period* riset argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA.

Pola peningkatan jumlah publikasi hingga tahun 2021 mengindikasikan bahwa topik argumentasi ilmiah semakin diakui sebagai komponen esensial dalam peningkatan kualitas pembelajaran sains. Hal ini sejalan dengan pandangan Antonio et al. (2023) dan Lestari, Paidi, & Suwarjo (2024b) yang menegaskan bahwa kemampuan berargumentasi secara ilmiah tidak hanya membangun pemahaman konseptual siswa tetapi juga memperkuat praktik epistemik ilmuwan dalam konteks kelas (Antonio & Prudente, 2023b; Lestari et al., 2024b). Peningkatan ini juga didorong oleh

munculnya berbagai kebijakan pendidikan yang mengintegrasikan keterampilan abad ke-21, termasuk literasi sains dan komunikasi berbasis bukti (*evidence-based communication*).

Lonjakan publikasi pada tahun 2019–2021 dapat pula dikaitkan dengan kemajuan global dalam pendekatan *Argument-Driven Inquiry* (ADI) dan *Socioscientific Issues* (SSI), yang terbukti efektif meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa (Lestari et al., 2024b; Misbah et al., 2024). Sementara itu, penurunan publikasi setelah 2021 menunjukkan adanya kejenuhan topik atau pergeseran fokus riset ke arah integrasi teknologi digital dalam pembelajaran argumentatif, seperti *virtual lab* dan *interactive game-based learning*, yang masih relatif baru dan membutuhkan pendekatan metodologis berbeda (Satyaloka & Padmaningrum, 2025). Fenomena fluktuasi ini memperlihatkan bahwa penelitian argumentasi ilmiah masih berkembang secara dinamis, dengan peluang besar untuk dikembangkan pada konteks teknologi digital, eksperimen laboratorium, dan lintas disiplin (Lestari et al., 2024a). Oleh karena itu, arah riset masa depan perlu diarahkan pada penguatan konektivitas antara teori argumentasi ilmiah dan praktik pembelajaran yang kontekstual, agar mampu memperkuat literasi sains siswa sekaligus mendukung tujuan pendidikan abad ke-21 (Antonio & Prudente, 2023b; Misbah et al., 2024).



Gambar 2. Distribusi Negara yang Berkontribusi melakukan penelitian tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Gambar 2 memperlihatkan distribusi kontribusi peneliti berdasarkan negara asal dan urutan penulis (Author 1–≤4) dalam penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA pada periode 2015–2024.

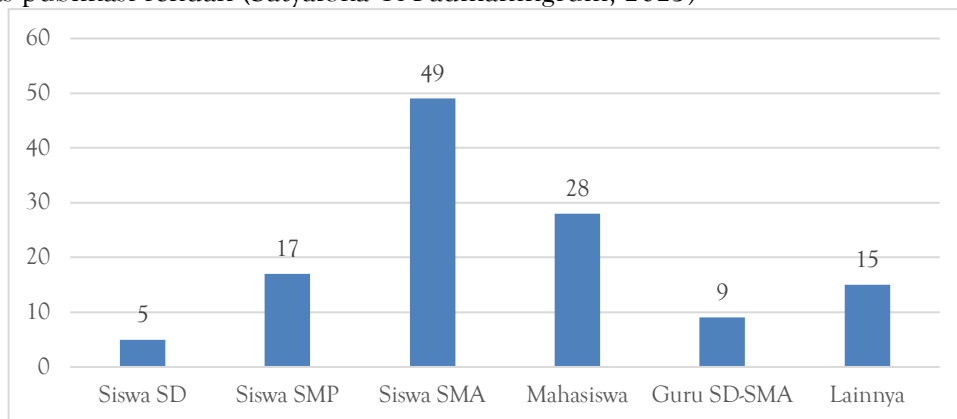
Berdasarkan data, penulis pertama (Author 1) mendominasi dengan total 142 publikasi, di mana kontribusi terbesar berasal dari Indonesia (54 publikasi) dan Amerika Serikat (33 publikasi). Selain itu, Malaysia tercatat menyumbang 9 publikasi, diikuti Turki (8 publikasi), dan negara lain seperti Kolombia, Thailand, dan Inggris yang masing-masing berkontribusi antara 1–≤4 publikasi. Hal ini menunjukkan bahwa posisi penulis pertama umumnya dipegang oleh peneliti dari negara dengan kapasitas riset tinggi atau lembaga yang memiliki fokus kuat dalam pendidikan sains. Sementara itu, penulis kedua (Author 2) menyumbang 128 publikasi, dengan dominasi yang serupa: Indonesia (53 publikasi) dan Amerika Serikat (29 publikasi) menjadi penyumbang utama, diikuti oleh Malaysia (9 publikasi) dan Turki (2 publikasi). Pola ini menunjukkan bahwa kolaborasi penelitian internasional maupun nasional masih kuat di dua negara tersebut.

Untuk penulis ketiga (Author 3), terdapat 95 publikasi dengan tren yang konsisten – Indonesia (46 publikasi) dan Amerika Serikat (17 publikasi) tetap menjadi pusat kontribusi, sedangkan negara lain seperti Thailand, Inggris, dan Malaysia memiliki kontribusi terbatas. Adapun penulis keempat/lebih (Author ≤4) memiliki 53 publikasi, yang sebagian besar juga berasal dari Indonesia (39

publikasi) dan Amerika Serikat (14 publikasi). Jika dilihat secara keseluruhan, jumlah total publikasi dari seluruh posisi penulis menunjukkan bahwa Indonesia (192 publikasi) dan Amerika Serikat (93 publikasi) merupakan dua negara dengan kontribusi tertinggi secara global. Negara lain seperti Malaysia (18 publikasi) dan Turki (10 publikasi) menempati posisi berikutnya, sedangkan negara seperti Kolombia, Jepang, Korea Selatan, dan Belanda hanya berkontribusi di bawah lima publikasi selama satu dekade terakhir.

Dominasi Indonesia dalam setiap kategori penulis menunjukkan perkembangan pesat penelitian pendidikan sains berbasis argumentasi ilmiah di kawasan Asia Tenggara. Temuan ini sejalan dengan hasil tinjauan sistematis oleh Antonio et al. (2023b) yang menyebutkan bahwa peningkatan publikasi dari Indonesia didorong oleh dukungan kebijakan pendidikan dan peningkatan kapasitas dosen dalam publikasi internasional. Sementara itu, kontribusi signifikan dari Amerika Serikat menunjukkan keberlanjutan tradisi riset dalam pendidikan sains berbasis penalaran dan argumentasi ilmiah, yang mengaitkan inkuiri ilmiah dengan pembelajaran berbasis bukti (Gouvea et al., 2022). Negara-negara seperti Turki, Malaysia, dan Inggris juga mulai menunjukkan peningkatan publikasi melalui kolaborasi lintas institusi dan adopsi konteks autentik dalam pembelajaran argumentatif (Lestari et al., 2024c).

Pola ini memperlihatkan bahwa meskipun riset argumentasi ilmiah telah berkembang di berbagai negara, kontribusinya masih terkonsentrasi di wilayah dengan dukungan riset kuat dan akses jurnal internasional terbuka. Kondisi ini menunjukkan perlunya kolaborasi internasional dan pelatihan metodologi penelitian untuk memperkuat kontribusi global dari negara-negara dengan produktivitas publikasi rendah (Satyaloka & Padmaningrum, 2025)



Gambar 3. Sebaran Subjek Penelitian tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Gambar 3 menunjukkan bahwa sebaran subjek penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA selama periode 2015–2024 didominasi oleh penelitian yang melibatkan siswa SMA sebanyak 49 publikasi. Jumlah tersebut diikuti oleh penelitian dengan subjek mahasiswa sebanyak 28 publikasi, siswa SMP sebanyak 17 publikasi, dan kategori lainnya sebanyak 15 publikasi. Sementara itu, penelitian yang melibatkan siswa SD dan guru SD–SMA masih relatif sedikit, masing-masing hanya berjumlah 5 dan 9 publikasi.

Dominasi penelitian pada jenjang SMA menunjukkan bahwa tingkat pendidikan menengah atas dianggap paling representatif untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah. Hal ini disebabkan oleh kemampuan berpikir formal siswa SMA yang telah berkembang, sehingga mereka dapat mengajukan klaim, menyusun bukti, serta memberikan penalaran ilmiah yang logis terhadap fenomena yang dikaji (Darmaji et al., 2022; Gültepe & Kılıç, 2021). Sementara itu, jumlah penelitian yang melibatkan mahasiswa juga menunjukkan tren sering dijadikan subjek penelitian. Hal tersebut dikarenakan mahasiswa dianggap telah memiliki pengalaman belajar ilmiah yang lebih matang, serta kemampuan reflektif terhadap proses berpikir dan pengambilan keputusan berbasis data (Jimenez et al., 2024; Shofiyah et al., 2024). Sebaliknya, rendahnya jumlah penelitian pada jenjang SD dan guru menandakan bahwa bidang ini masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Padahal, pengembangan

kemampuan argumentasi ilmiah sejak usia dini penting untuk menumbuhkan kebiasaan berpikir kritis, reflektif, dan berbasis bukti. Oleh karena itu, arah penelitian ke depan perlu memperluas kajian ke jenjang pendidikan dasar dan pelatihan guru agar keterampilan argumentatif dapat dibangun secara berkelanjutan sejak awal proses pembelajaran sains (Urdanivia Alarcon et al., 2023b). Dengan demikian, sebaran subjek penelitian dalam grafik menunjukkan bahwa penelitian tentang argumentasi ilmiah masih terpusat pada tingkat menengah dan tinggi, sementara ruang pengembangan pada tingkat dasar dan guru masih terbuka luas. Upaya kolaboratif antarpeleliti dan institusi pendidikan perlu ditingkatkan untuk memperluas cakupan populasi penelitian serta memperkaya variasi konteks pembelajaran argumentatif di berbagai jenjang Pendidikan (Chan & Erduran, 2023; Park et al., 2022).

Tabel 2. Intervensi Penelitian tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Jenis Intervensi	Jumlah dalam Publikasi	Persentase (%)
Pelatihan guru	17	14
Penerapan Model Pembelajaran PBL	9	7
Penerapan Model Pembelajaran SWH	3	2
Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri	17	14
Penerapan Model Pembelajaran ADI	27	22
Penerapan Model Pembelajaran <i>Project Sains</i>	4	3
Penerapan Model Pembelajaran <i>RISCORE</i>	3	2
Penerapan Model Pembelajaran Lainnya	4	3
Penggunaan Bahan Ajar/Modul Ajar	8	7
Penggunaan Game dan Media Digital Interaktif	2	2
Pembelajaran dengan Pendekatan Karakteristik Siswa	6	5
Isu Sosiosaintifik	8	7
Lainnya	15	12

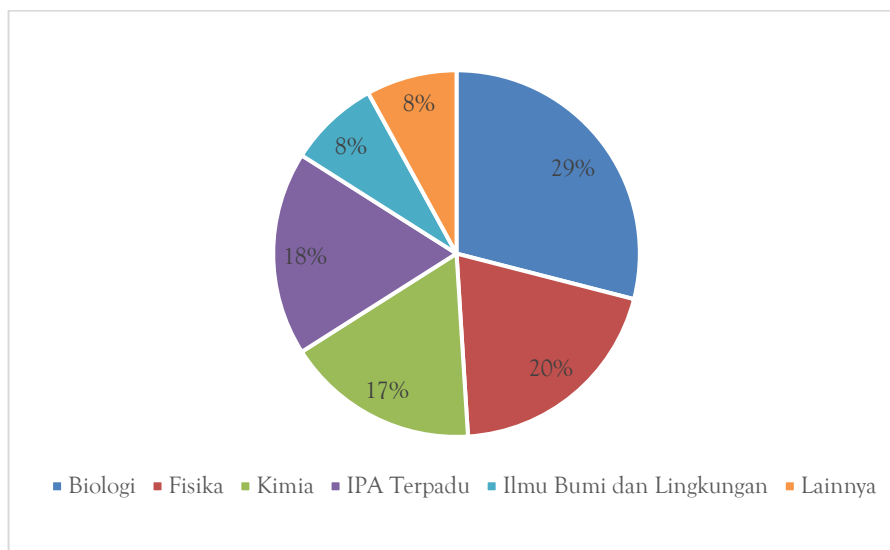
Berdasarkan Tabel 2, model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) menjadi intervensi yang paling banyak dikaji, yaitu sebanyak 27 publikasi (22%) dari total penelitian. Dominasi model ini menunjukkan bahwa pendekatan ADI dianggap paling efektif dalam mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik. Model ADI menempatkan siswa secara aktif dalam kegiatan ilmiah melalui tahapan mengajukan klaim, mengumpulkan bukti, menafsirkan data, serta mengkomunikasikan argumen ilmiah secara terbuka.

Penelitian oleh Muhiddin dan Agussalim (2023) membuktikan bahwa penerapan ADI pada mahasiswa calon guru fisika mampu meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah secara signifikan dengan *normalized gain* rata-rata 0,69 pada kelas eksperimen dibandingkan 0,38 pada kelas control. Temuan tersebut menegaskan bahwa ADI efektif memfasilitasi mahasiswa dalam merancang eksperimen dan menulis argumen berbasis bukti ilmiah. Hasil penelitian ini juga memberikan dasar empiris bahwa penerapan ADI berpotensi diadaptasi pada jenjang siswa sekolah menengah untuk mengembangkan kemampuan argumentatif sejak dini melalui kegiatan penyelidikan ilmiah dan diskusi berbasis bukti. Selanjutnya, pelatihan guru juga menjadi intervensi yang cukup dominan dengan 17 publikasi (14%). Fokus utama penelitian ini adalah peningkatan kompetensi pedagogik guru dalam merancang pembelajaran berbasis argumentasi ilmiah. Kajian tersebut menekankan pentingnya pelatihan berkelanjutan agar guru mampu memfasilitasi diskusi ilmiah, menilai argumen siswa, serta menumbuhkan budaya berpikir kritis di kelas.

Selain itu, pendekatan *Socioscientific Issues* (SSI) juga banyak dikaji, dengan 8 publikasi (7%). Pendekatan ini menempatkan peserta didik untuk menalar dan berdiskusi mengenai isu nyata yang berkaitan dengan sains dan masyarakat, seperti perubahan iklim, bioteknologi, dan energi terbarukan. Penelitian oleh Nurtamara dan Widyastuti (2023) menunjukkan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis konteks SSI mampu meningkatkan kualitas argumentasi ilmiah berbasis bukti. Pada

penelitian tersebut ditegaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah dengan konteks isu sosiosaintifik memperkuat keterampilan berpikir ilmiah berbasis bukti dan meningkatkan kualitas argumen siswa.

Intervensi lain yang juga menonjol adalah penggunaan *game* dan media digital interaktif sebanyak 8 publikasi (7%), mencerminkan pergeseran arah penelitian ke integrasi teknologi digital dalam pembelajaran argumentatif. Media digital interaktif membantu siswa memahami hubungan antara bukti empiris dan konsep abstrak melalui simulasi, visualisasi, serta permainan edukatif yang memicu diskusi ilmiah. Sementara itu, model pembelajaran *Science Writing Heuristic* (SWH) (3 publikasi, 2%) dan *Reflect, Inquire, Summarize, Connect, Reflect, Evaluate* (RI-SCORE) (4 publikasi, 3%) masih relatif sedikit dikaji. Kedua model ini menekankan proses berpikir reflektif dan penulisan ilmiah sebagai sarana pengembangan argumentasi. Model SWH mendorong siswa menulis penalaran berbasis data eksperimen, sedangkan RI-SCORE menuntun siswa untuk merefleksi dan mengevaluasi argumen mereka secara berulang. Sebaran data menunjukkan bahwa penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA cenderung berfokus pada model pembelajaran berbasis *inquiry* seperti ADI. Di sisi lain, penggunaan teknologi digital dan pelatihan guru masih memiliki ruang pengembangan yang luas.



Gambar 4. Distribusi Penelitian Berdasarkan Cabang IPA tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Gambar 4 menunjukkan distribusi penelitian berdasarkan cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang mengkaji topik argumentasi ilmiah dalam pembelajaran sains pada rentang tahun 2015–2024. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa biologi menjadi bidang kajian yang paling dominan dengan proporsi 29% dari total penelitian. Selanjutnya, fisika menyumbang 20%, kimia sebanyak 17%, IPA terpadu sebanyak 18%, serta ilmu bumi dan lingkungan dan kategori lainnya masing-masing sebesar 8%.

Dominasi penelitian pada bidang biologi mengindikasikan bahwa konteks pembelajaran biologi dianggap paling potensial dalam menumbuhkan keterampilan argumentasi ilmiah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik biologi yang berorientasi pada fenomena kontekstual, isu lingkungan, dan permasalahan etika ilmiah, sehingga memudahkan siswa untuk membangun argumen berdasarkan bukti. Sejalan dengan hasil penelitian Hidayanti, Juhanda, dan Nuranti (2022) yang menemukan bahwa integrasi pendekatan *Argument-Driven Inquiry* (ADI) pada topik sistem ekologi dan genetika mampu meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengaitkan data empiris dengan penjelasan ilmiah dan memperkuat struktur argumen berbasis bukti. Selanjutnya, penelitian pada bidang fisika (20%) juga menunjukkan peran penting dalam pengembangan argumentasi ilmiah, terutama karena fisika melibatkan proses eksperimental dan penalaran logis yang kuat. Dalam studi Firdaus, Pursitasari, dan Permana (2021) disebutkan bahwa pembelajaran berbasis ADI pada materi suhu dan kalor secara signifikan meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa melalui kegiatan eksperimen dan diskusi reflektif. Temuan ini menegaskan bahwa konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak dapat

menjadi media efektif untuk melatih siswa dalam mengembangkan argumen ilmiah yang rasional dan berbasis data.

Bidang kimia (17%) dan IPA terpadu (18%) juga berkontribusi cukup besar. Banyak penelitian pada kimia memfokuskan diri pada keterampilan argumentasi ilmiah dalam konteks reaksi kimia, larutan asam-basa, dan perubahan zat. Penelitian oleh Satriya dan Atun (2024) menegaskan bahwa model ADI pada materi asam-basa dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menyusun klaim, mendukungnya dengan bukti eksperimen, dan menjelaskan hubungan antara bukti dan konsep kimia (Satriya & Atun, 2024). Sedangkan penelitian pada IPA terpadu menunjukkan tren penggunaan pendekatan lintas bidang untuk menstimulasi argumentasi ilmiah siswa, misalnya melalui konteks fenomena alam yang menggabungkan unsur biologi, fisika, dan kimia dalam satu skenario pembelajaran. Sementara itu, proporsi penelitian pada ilmu bumi dan lingkungan (8%) serta kategori lainnya (8%) masih relatif rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terbatasnya jumlah penelitian yang secara eksplisit memfokuskan diri pada argumentasi ilmiah di bidang geosains, ekologi global, atau perubahan iklim. Padahal, menurut Kumar, Choundary, dan Singh (2024), pembelajaran berbasis isu lingkungan dapat menjadi konteks yang kuat untuk melatih kemampuan argumentasi ilmiah karena siswa dihadapkan pada permasalahan nyata yang membutuhkan analisis multidisipliner. Sebaran penelitian ini menunjukkan bahwa bidang biologi, fisika, dan kimia masih mendominasi fokus riset argumentasi ilmiah, sedangkan bidang ilmu bumi dan lingkungan memiliki potensi besar untuk dikembangkan.

Tabel 3. Sebaran Materi Pembelajaran yang Digunakan dalam Penelitian tentang Argumentasi Ilmiah dalam Pembelajaran IPA pada rentang Tahun 2015-2024

Cabang Ilmu IPA	Topik yang Dikaji
Kimia	Reaksi kimia, perubahan kimia, asam dan basa, larutan elektrolit dan nonelektrolit, struktur atom, sistem periodik unsur, ikatan kimia, campuran dan senyawa, reaksi redoks, kimia lingkungan, serta kalor reaksi.
Fisika	Energi panas, energi listrik, gaya dan gerak, hukum Newton, tekanan, bunyi dan gelombang, cahaya dan bayangan, pesawat sederhana, energi terbarukan, listrik dan magnet, serta hukum kekekalan energi.
Biologi	Sel dan jaringan, sistem organ manusia, fotosintesis dan respirasi, genetika dan reproduksi, keanekaragaman hayati, klasifikasi makhluk hidup, mikroorganisme, serta ekologi tumbuhan dan hewan.
IPA Terpadu	Penerapan konsep lintas bidang IPA pada konteks kehidupan nyata, yaitu energi dalam kehidupan sehari-hari, sistem tubuh dan perubahan energi, hubungan antarorganisme dan lingkungan, serta proses sains dalam kegiatan eksperimen dan proyek ilmiah.
Lainnya	Ekosistem darat dan perairan, pencemaran udara, air, dan tanah, pemanasan global, perubahan iklim, konservasi lingkungan, daur ulang limbah, interaksi manusia dengan lingkungan, keterampilan ilmiah, integrasi teknologi dalam pembelajaran sains, serta bahan ajar berbasis argumentasi ilmiah.

Analisis juga diperkuat oleh Tabel 2, yang menggambarkan kecenderungan materi pembelajaran IPA yang digunakan dalam penelitian mengenai argumentasi ilmiah pada rentang tahun 2015–2024. Bidang kimia menunjukkan kecenderungan yang kuat terhadap topik-topik seperti reaksi kimia, larutan elektrolit, struktur atom, ikatan kimia, serta reaksi redoks. Topik-topik tersebut sering dipilih karena memberikan peluang bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen laboratorium dan mengembangkan argumen berbasis bukti ilmiah. Hal ini sejalan dengan temuan Al-Ajm dan Ambusaidi (2022) yang menyatakan bahwa materi asam-basa, struktur atom, dan ikatan kimia merupakan konteks yang paling sering digunakan dalam penelitian argumentasi ilmiah karena memfasilitasi proses pembuktian melalui pengamatan dan data eksperimen. Sementara itu, bidang fisika lebih menitikberatkan pada tema energi panas, energi listrik, gaya, dan hukum Newton, yang menuntut

pemahaman konseptual serta kemampuan berpikir logis. Topik ini relevan untuk melatih peserta didik dalam membangun argumen ilmiah berdasarkan prinsip sebab-akibat, sebagaimana dikemukakan oleh Utami, Aisyah, dan Affifah (2022) bahwa pembelajaran berbasis *Argument-Driven Inquiry* (ADI) pada materi suhu dan kalor secara signifikan meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa melalui kegiatan eksperimen dan diskusi reflektif.

Pada cabang biologi, penelitian banyak berfokus pada sel, jaringan, sistem organ manusia, dan proses fotosintesis, karena materi-materi tersebut memiliki keterkaitan erat dengan fenomena kehidupan nyata. Topik biologi sering dipilih karena memudahkan peserta didik untuk mengaitkan data empiris dengan konteks sosial dan lingkungan, sebagaimana dijelaskan oleh Liu (2024) bahwa konteks biologi seperti ekosistem dan genetika memberikan ruang bagi siswa untuk berargumentasi secara ilmiah melalui pengamatan langsung dan interpretasi bukti. Adapun IPA Terpadu menampilkan pendekatan lintas bidang, yang menggabungkan konsep energi, sistem tubuh manusia, dan lingkungan untuk memahami fenomena sains secara holistik. Pendekatan ini dinilai efektif dalam meningkatkan kemampuan argumentasi lintas konsep karena siswa diajak menghubungkan beberapa disiplin ilmu dalam satu konteks nyata (Nugroho et al., 2025). Kategori lainnya mencakup tema-tema lintas disiplin seperti ekosistem, pencemaran udara dan air, pemanasan global, konservasi lingkungan, serta integrasi teknologi dalam pembelajaran sains berbasis argumentatif. Bidang ini mulai menunjukkan peningkatan dalam beberapa tahun terakhir, terutama pada konteks pembelajaran berbasis isu lingkungan dan teknologi digital. Sebagaimana dijelaskan oleh Gouvea et al. (2022), penggunaan konteks autentik seperti masalah lingkungan dan eksperimen dunia nyata dapat memperkuat kemampuan siswa dalam mengembangkan argumen ilmiah yang valid dan berbasis bukti.

Pola distribusi topik dalam penelitian ini menunjukkan bahwa *argumentasi ilmiah* di bidang IPA semakin diarahkan pada konteks pembelajaran yang kontekstual, autentik, dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Pergeseran ini mencerminkan upaya para peneliti dan pendidik untuk tidak hanya menekankan pemahaman konseptual, tetapi juga menumbuhkan kemampuan peserta didik dalam mengemukakan, mengevaluasi, dan mempertahankan argumen berbasis bukti ilmiah (Liu et al., 2024; Nurtamara & Widyastuti, 2023; Satriya & Atun, 2024; Smit et al., 2025). Melalui kegiatan pembelajaran yang menekankan eksplorasi fenomena nyata, siswa diajak untuk membangun klaim, mengumpulkan data, serta menghubungkan bukti empiris dengan penalaran logis.

Secara keseluruhan, penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA menunjukkan perkembangan dinamis sepanjang 2015–2024. Puncak produktivitas terjadi pada 2017–2021 dengan dominasi kontribusi dari Indonesia dan Amerika Serikat. Fokus penelitian masih terpusat pada jenjang SMA, model pembelajaran berbasis inkuiri terutama *Argument-Driven Inquiry* (ADI) dan bidang biologi. Area yang masih kurang mendapat perhatian meliputi jenjang SD, guru, teknologi digital, serta bidang IPA tertentu seperti ilmu bumi dan lingkungan. Kondisi ini menunjukkan adanya ruang pengembangan riset yang luas pada bidang-bidang tersebut ke depan.

SIMPULAN

Berdasarkan Hasil analisis terhadap 123 artikel menunjukkan bahwa penelitian argumentasi ilmiah dalam pembelajaran IPA pada periode 2015–2024 berkembang secara dinamis dengan puncak produktivitas pada 2017–2021. Penurunan publikasi setelah 2021 kemungkinan disebabkan oleh pergeseran fokus riset pasca-pandemi menuju integrasi teknologi digital dan asesmen berbasis data, yang membuka ruang topik baru namun belum sepenuhnya terhubung dengan argumentasi ilmiah. Kontribusi terbesar berasal dari Indonesia dan Amerika Serikat, menegaskan bahwa argumentasi ilmiah merupakan isu strategis dalam penguatan literasi sains global. Penelitian masih didominasi peserta didik jenjang menengah dan mahasiswa dengan intervensi ADI, SSI, serta pelatihan guru, sementara riset pada jenjang SD, guru sebagai subjek utama, dan bidang ilmu tertentu seperti kimia, ilmu bumi, dan lingkungan masih sangat terbatas. Temuan ini menegaskan adanya gap penelitian yang jelas, terutama pada perluasan konteks pembelajaran dan pemerataan bidang kajian IPA yang belum banyak dieksplorasi.

Sejalan dengan temuan tersebut, pendidik disarankan mengimplementasikan ADI dan SSI secara lebih operasional melalui tugas berbasis bukti, diskusi argumentatif terstruktur, serta penggunaan rubrik argumentasi untuk memperkuat konstruksi klaim-bukti-penalaran. Integrasi teknologi digital perlu diarahkan pada peningkatan kualitas argumentasi melalui penggunaan virtual laboratory, simulasi interaktif, atau platform berbasis data yang memberikan umpan balik terhadap pemilihan dan interpretasi bukti. Guru dan lembaga pendidikan juga perlu mengembangkan pelatihan berbasis kasus autentik untuk meningkatkan kemampuan memfasilitasi proses argumentasi ilmiah di kelas. Bagi peneliti, studi mendatang perlu memperluas cakupan pada jenjang SD, guru, dan bidang IPA yang kurang dieksplorasi, serta mengembangkan pendekatan lintas disiplin dan pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) untuk analisis maupun pemberian umpan balik otomatis terhadap struktur argumen. Upaya ini diharapkan tidak hanya menutup celah riset yang ada, tetapi juga memberikan kontribusi lebih kuat bagi pengembangan pembelajaran IPA berbasis argumentasi ilmiah di masa mendatang.

REFERENSI

- Al-Ajm, B., & Ambusaidi, A. (2022). The Level of Scientific Argumentation Skills in Chemistry Subject among Grade 11th Students: The Role of Logical Thinking. *Science Education International*, 33(1), 66–74. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i1.7>
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2023a). Effects of Inquiry-Based Approaches on Students' Higher-Order Thinking Skills in Science: A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 251–281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2023b). Effects of Inquiry-Based Approaches on Students' Higher-Order Thinking Skills in Science: A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 251–281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Asterhan, C. S. C., Schwarz, B. B., Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2016). *Argumentation for Learning: Well-Trodden Paths and Unexplored Territories*. 1520(April). <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1155458>
- Chan, J., & Erduran, S. (2023). The Impact of Collaboration Between Science and Religious Education Teachers on Their Understanding and Views of Argumentation. *Research in Science Education*, 53(1), 121–137. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10041-1>
- Darmaji, D., Astalini, A., Kurniawan, D. A., & Triani, E. (2022). The effect of science process skills of students argumentation skills. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(1), 78–88. <https://doi.org/10.21831/jipi.v8i1.49224>
- Erduran, S., Guilfoyle, L., & Park, W. (2022). Science and Religious Education Teachers' Views of Argumentation and Its Teaching. *Research in Science Education*, 52(2), 655–673. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09966-2>
- Firdaos, I. N., Pursitasari, I. D., & Permana, I. (2021). Pembelajaran Argument Driven Inquiry Pada Materi Suhu dan Kalor Untuk Meningkatkan Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 21(2), 88–97. <https://doi.org/10.17509/jpp.v21i2.37134>
- Fortus, D., Lin, J., Neumann, K., & Sadler, T. D. (2022). The role of affect in science literacy for all. *International Journal of Science Education*, 44(4), 535–555. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2036384>
- Gouvea, J., Appleby, L., Fu, L., & Wagh, A. (2022). Motivating and Shaping Scientific Argumentation in Lab Reports. *CBE–Life Sciences Education*, 21(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.21-11-0316>
- Gültepe, N., & Kılıç, Z. (2021). The Effects of Scientific Argumentation on High School Students' Critical Thinking Skills. *International Journal of Progressive Education*, 17(6), 183–200. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.382.13>
- Hidayanti, N., Juhanda, A., & Nuranti, G. (2022). Pengaruh Model Argument Driven Inquiry terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Berdasarkan Perbedaan Gaya Belajar Siswa SMP pada

- Materi Sistem Ekskresi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 563. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5397>
- Iwuanyanwu, P. N. (2023). When Science Is Taught This Way, Students Become Critical Friends: Setting the Stage for Student Teachers. *Research in Science Education*, 53(6), 1063–1079. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10122-9>
- Jimenez, P. C., Alfred, A. R., & Dauer, J. M. (2024). Describing undergraduate students' reasoning and use of evidence during argumentation about socioscientific issues systems. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1371095>
- Kumar, V., Choudhary, S. K., & Singh, R. (2024). Environmental socio-scientific issues as contexts in developing scientific literacy in science education: A systematic literature review. *Social Sciences & Humanities Open*, 9, 100765. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100765>
- Lestari, D. P., Paidi, P., & Suwarjo, S. (2024a). Effect of the inquiry-based nature of science argumentation instructional model in scientific literacy skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(3), 734–744. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21024>
- Lestari, D. P., Paidi, P., & Suwarjo, S. (2024b). Effect of the inquiry-based nature of science argumentation instructional model in scientific literacy skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(3), 734–744. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21024>
- Lestari, D. P., Paidi, & Suwarjo. (2024c). Development and validation of the inquiry-based nature of science and argumentation: A new instructional model on students' scientific argumentation ability. *International Journal of Education and Practice*, 12(2), 189–206. <https://doi.org/10.18488/61.v12i2.3657>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Lin, T.-J., Lin, T.-C., Potvin, P., & Tsai, C.-C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: a systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367–387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274>
- Liu, S., Liu, C., Samarapungavan, A., Gardner, S. M., Clase, K. L., & Pelaez, N. J. (2024). A Framework for Evidentiary Reasoning in Biology: Insights from Laboratory Courses Focused on Evolutionary Tree-thinking. *Science & Education*, 33(6), 1435–1466. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00435-6>
- Misbah, M., Hamidah, I., Sriyati, S., & Samsudin, A. (2024). The Shifting Tendency of Inquiry Learning Research in the Last Five Years: Real Contribution in Physics Education. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.16070>
- Muhiddin, St. M. A., & Agussalim, A. (2023). PENERAPAN MODEL ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERARGUMENTASI ILMIAH MAHASISWA PADA TOPIK KALOR. *Karst: JURNAL PENDIDIKAN FISIKA DAN TERAPANNYA*, 6(2), 94–106. <https://doi.org/10.46918/karst.v6i2.2108>
- Nugroho, A. A., Sajidan, S., Suranto, S., & Masykuri, M. (2025). Enhancing students argumentation skills through socio-scientific real-world inquiry: A quasi-experimental study in biological education. *Journal of Pedagogical Research*. <https://doi.org/10.33902/JPR.202531979>
- Nurtamara, L., & Widyastuti, D. A. (2023). The Improving evidence-based argumentation on socioscientific issues through problem-based learning in science students. *Biosfer*, 16(2). <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.35534>
- Park, W., Erduran, S., & Guilfoyle, L. (2022). Secondary teachers' instructional practices on argumentation in the context of science and religious education. *International Journal of Science Education*, 44(8), 1251–1276. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2074565>
- Satriya, M. A., & Atun, S. (2024). The Effect of Argument Driven Inquiry Learning Models on Scientific Argumentation Skills and Higher Order Students on The Topics of Acid Base. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2663–2673. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.6834>

- Satyaloka, L., & Padmaningrum, R. T. (2025). Systematic Literature Review: Students' Scientific Argumentation Skills in Chemistry Learning. *Indonesian Journal of Chemical Education*, 1(2), 42–47. <https://doi.org/10.21831/ijce.v1i2.81473>
- Shofiyah, N., Suprpto, N., Prahani, B. K., Jatmiko, B., Anggraeni, D. M., & Nisa', K. (2024). Exploring undergraduate students' scientific reasoning in the force and motion concept. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2365579>
- Smit, R., Rietz, F., & Büchel, D. (2025). Using the socioscientific issue approach to foster secondary students' argumentation skills, science self-efficacy beliefs and science interest. *International Journal of Science Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2460050>
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023a). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023b). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>
- Utami, S. S., Aisyah, R. S. S., & Affifah, I. (2022). Application of the Argument-Driven Inquiry Learning Model in Stimulating Students' Scientific Argumentation Skills on Acid-Base Material. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 6(1), 38–45. <https://doi.org/10.23887/jpk.v6i1.39162>
- Wess, R., Priemer, B., & Parchmann, I. (2023). Professional development programs to improve science teachers' skills in the facilitation of argumentation in science classroom—a systematic review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00076-3>
- Zaida Ilma, A., & Kuswanto, H. (2025). Toward student's scientific literacy in science learning: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Revista Mexicana de Física E*, 22(2 Jul-Dec). <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.22.020222>