

Efektivitas Integrasi *Socio-Scientific Issues* dalam *Problem-Based Learning* terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa pada Materi Ekosistem

Kharisma Mega Noviana¹, Ria Yulia Gloria², Dewi Cahyani³

Universitas Islam Negeri Siber Syekh Nurjati Cirebon, Indonesia^{1,2,3}

Email: Kharisma.Mega07@gmail.com¹, riayuliagloria@uinssc.ac.id²,
dewicahyani@uinssc.ac.id³

Abstrak

Keterampilan argumentasi ilmiah merupakan salah satu kompetensi abad ke-21 yang masih perlu ditingkatkan dalam pembelajaran biologi. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas integrasi *Socio-Scientific Issues* (SSI) dalam model *Problem-Based Learning* (PBL) terhadap peningkatan keterampilan argumentasi siswa pada materi ekosistem di SMAN 1 Jamblang. Penelitian menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *Nonequivalent Control Group Design* yang melibatkan 85 siswa, terdiri atas 41 siswa kelas eksperimen dan 44 siswa kelas kontrol. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran PBL berbasis SSI, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran PBL tanpa pendekatan SSI. Data dikumpulkan melalui tes argumentasi (*pretest-posttest*), lembar observasi, dan angket respons siswa, kemudian dianalisis menggunakan uji N-Gain dan Mann-Whitney U. Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran SSI-PBL terlaksana sangat baik, dengan N-Gain kelas eksperimen (8,03%) lebih tinggi dan berbeda signifikan dibandingkan kelas kontrol (3,49%) ($Z = -3,201$; $p = 0,001$; $r \approx 0,35$, efek sedang). Meskipun demikian, kedua nilai N-Gain masih tergolong kategori rendah menurut kriteria Hake (1999), sehingga peningkatan tersebut perlu dimaknai sebagai keunggulan relatif, bukan penguasaan argumentasi tingkat tinggi. Respons siswa terhadap SSI-PBL berada pada kategori sangat kuat (80,9%). Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi SSI-PBL berpotensi menjadi alternatif strategi pembelajaran kontekstual yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya melatih komponen rebuttal yang jarang dilatih pada pembelajaran konvensional.

kata kunci: keterampilan argumentasi ilmiah; *socio-scientific issues* (SSI); *problem-based learning*; ekosistem; pendidikan biologi

Abstract

Scientific argumentation skills are one of the 21st-century competencies that still need to be improved in biology learning. This study aims to analyze the effectiveness of Socio-Scientific Issues (SSI) integration in the Problem-Based Learning (PBL) model on improving students' argumentation skills on ecosystem material at SMAN 1 Jamblang. The study used a quasi-experimental method with a Nonequivalent Control Group Design involving 85 students, consisting of 41 students in the experimental class and 44 students in the control class. The experimental class received SSI-based PBL learning, while the control class received PBL learning without the SSI approach. Data were collected through argumentation tests (pretest-posttest), observation sheets, and student response questionnaires, then analyzed using the N-Gain and Mann-Whitney U tests. The results showed that SSI-PBL learning was implemented very well, with the N-Gain of the experimental class (8.03%) higher and significantly different than the control class (3.49%) ($Z = -3.201$; $p = 0.001$; $r \approx 0.35$, medium effect). However, both N-Gain scores are still considered low according to Hake's (1999) criteria, so the improvement should be interpreted as relative superiority, not mastery of high-level argumentation. Student responses to SSI-PBL were in the very strong category (80.9%). This finding indicates that SSI-

PBL integration has the potential to be an alternative contextual learning strategy that supports the development of higher-order thinking skills, particularly training the rebuttal component that is rarely practiced in conventional learning.

Keywords *scientific argumentation skills; socio-scientific issues; problem-based learning; ecosystem; biology education.*

PENDAHULUAN

Dalam penelitian ini, keterampilan argumentasi ilmiah didefinisikan secara operasional sebagai kemampuan siswa menyusun argumen berdasarkan kerangka *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP), yang mencakup enam komponen utama, yaitu *claim* (pernyataan pendapat), *data* (bukti pendukung), *warrant* (kaidah penghubung data dan klaim), *backing* (dukungan tambahan terhadap warrant), *qualifier* (tingkat kepastian klaim), dan *rebuttal* (sanggahan terhadap pandangan yang berlawanan) (Toulmin, 1958). Semakin lengkap komponen argumentasi yang dapat disusun siswa, semakin tinggi level kualitas argumentasi ilmiah yang dicapai.

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, dan kolaborasi. Salah satu keterampilan yang mendukung kemampuan tersebut adalah keterampilan argumentasi ilmiah, yaitu kemampuan menyampaikan pendapat berdasarkan data, bukti, dan penalaran yang logis. Namun, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan argumentasi siswa Indonesia masih tergolong rendah. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara anggota OECD, yang mengindikasikan rendahnya kemampuan siswa dalam menginterpretasikan bukti dan membangun argumen ilmiah. Sejalan dengan hal tersebut, kajian sistematis terhadap artikel-artikel terindeks Scopus mengonfirmasi bahwa pembelajaran berbasis Socio-Scientific Issues secara konsisten berkontribusi terhadap penguatan keterampilan abad ke-21, termasuk literasi sains, berpikir kritis, dan argumentasi ilmiah (Sari et al., 2025).

Secara spesifik, skor literasi sains siswa Indonesia pada PISA 2022 tercatat sebesar 383, jauh di bawah rata-rata negara OECD sebesar 485 (Pisa, 2023). Kesenjangan yang serupa juga terlihat pada studi internasional lain seperti *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), yang secara konsisten menunjukkan bahwa siswa Indonesia masih kesulitan pada butir soal yang menuntut penalaran, interpretasi bukti, dan penyusunan argumen ilmiah, bukan sekadar mengingat fakta. Selain itu, penelitian Amiruddin melaporkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menyusun argumen yang memuat klaim dan bukti secara tepat (Pisa, 2023).

Kondisi tersebut menegaskan urgensi penelitian ini. Kurikulum Merdeka menuntut pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi pada penguatan kompetensi bernalar kritis sebagai salah satu dimensi Profil Pelajar Pancasila, sementara capaian literasi sains Indonesia pada PISA 2022 justru menurun dibandingkan siklus sebelumnya (Pisa, 2023). Di sisi lain, guru di lapangan masih memerlukan strategi pembelajaran yang secara empiris terbukti efektif melatih keterampilan argumentasi ilmiah secara eksplisit dan berkelanjutan, bukan sekadar penguasaan konsep. Kesenjangan antara tuntutan kurikulum, rendahnya capaian literasi sains, dan keterbatasan strategi pembelajaran berbasis argumentasi inilah yang mendasari pentingnya penelitian ini dilakukan. Kajian

narrative review terhadap literatur nasional turut mengungkap bahwa rendahnya capaian literasi sains peserta didik Indonesia tidak terlepas dari minimnya pembiasaan proses inkuiri dan penalaran berbasis bukti dalam pembelajaran sains di sekolah (Yusmar et al., 2023).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada pembelajaran Biologi di SMAN 1 Jamblang. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa siswa cenderung hanya menyampaikan klaim sederhana tanpa didukung data, alasan ilmiah, maupun sanggahan yang terstruktur. Kondisi ini diduga berkaitan dengan pembelajaran yang belum secara khusus melatih keterampilan argumentasi ilmiah serta belum memanfaatkan isu-isu kontekstual yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Padahal, keterampilan argumentasi merupakan salah satu kompetensi penting dalam pembelajaran sains karena berperan dalam membantu siswa mengevaluasi informasi, mengambil keputusan, dan menyelesaikan masalah secara rasional. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep sains dengan permasalahan nyata sekaligus memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan argumentasi berbasis bukti. Hal ini diperkuat oleh temuan bahwa pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik terbukti secara empiris mampu memperkuat pola dan kualitas penalaran peserta didik jenjang menengah, khususnya dalam mengaitkan klaim dengan bukti ilmiah yang relevan (Aziz & Johari, 2023).

Salah satu pendekatan yang berpotensi mengembangkan keterampilan argumentasi adalah *Socio-Scientific Issues* (SSI). Pendekatan ini memanfaatkan isu-isu sosial yang berkaitan dengan sains sebagai konteks pembelajaran sehingga mendorong peserta didik untuk berdiskusi, mengevaluasi berbagai sudut pandang, serta menyusun argumen berdasarkan bukti ilmiah (Sanwasi & Cahyani, 2019). Penerapan SSI dalam pembelajaran dapat dilakukan melalui berbagai tahapan, mulai dari diskusi tidak formal, debat terstruktur, hingga penyampaian argumen ilmiah (Genisa et al., 2020).

Secara terpisah, PBL dan SSI memiliki kekuatan sekaligus keterbatasan yang saling melengkapi. PBL unggul dalam melatih keterampilan pemecahan masalah secara sistematis melalui tahapan orientasi masalah, penyelidikan, dan penyajian solusi, tetapi permasalahan yang digunakan dalam PBL konvensional tidak selalu memiliki dimensi sosial atau etika yang mendorong siswa memperdebatkan berbagai sudut pandang, sehingga potensinya untuk melatih komponen rebuttal dalam argumentasi masih terbatas (Rahma et al., 2025).

Sebaliknya, SSI unggul dalam menghadirkan isu kontroversial bermuatan sosiosaintifik yang secara alami memunculkan perbedaan pendapat dan kebutuhan akan bukti pendukung, namun tanpa kerangka pembelajaran yang terstruktur, diskusi SSI berisiko berhenti pada tahap pertukaran opini tanpa proses penyelidikan dan penyusunan solusi yang sistematis (Genisa et al., 2020; Sanwasi & Cahyani, 2019). Integrasi SSI ke dalam sintaks PBL diperlukan karena keduanya saling mengisi kekurangan masing-masing: PBL menyediakan struktur berpikir sistematis, sedangkan SSI menyediakan konteks kontroversial yang menjadi pemicu munculnya klaim, bukti, dan sanggahan sekaligus. Kajian sistematis terbaru turut menegaskan bahwa isu-isu sosiosaintifik bertema lingkungan menjadi konteks yang efektif dalam menumbuhkan literasi sains sekaligus kemampuan bernalar berbasis bukti pada peserta didik (Kumar et al., 2024).

Efektivitas SSI dapat ditingkatkan melalui integrasinya dengan model *ProblemBased Learning* (PBL) yang menempatkan masalah autentik sebagai titik awal pembelajaran. Model ini terbukti memberikan pengaruh besar terhadap keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran Biologi (*effect size* = 1,23), khususnya pada kemampuan

berpikir kritis (*effect size* = 1,04) yang merupakan landasan penting dalam pengembangan keterampilan argumentasi ilmiah siswa (Rahma et al., 2025). Kombinasi SSI dan PBL memungkinkan siswa terlibat dalam proses identifikasi masalah, penyelidikan, penyusunan solusi, serta penyampaian argumen secara sistematis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi SSI dalam PBL dapat meningkatkan keterlibatan belajar, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan metakognitif peserta didik (Karişan et al., 2024).

Secara teoretis, mekanisme SSI-PBL dalam mendorong keterampilan argumentasi dapat dijelaskan melalui teori konstruktivisme sosial Vygotsky, khususnya konsep *Zone of Proximal Development* (ZPD). Melalui diskusi kelompok terhadap isu sosiosaintifik dalam sintaks PBL, siswa memperoleh kesempatan untuk mengonstruksi pemahaman secara kolaboratif dengan bantuan teman sebaya maupun guru, sehingga kemampuan argumentasi yang semula berada di luar jangkauan individu dapat dicapai melalui interaksi sosial yang terstruktur. Selain itu, prinsip *inquiry-based argumentation* menjelaskan bahwa keterampilan argumentasi berkembang optimal ketika siswa dihadapkan pada masalah terbuka yang menuntut penyelidikan aktif, evaluasi bukti, dan pertimbangan berbagai sudut pandang sebelum menyusun kesimpulan kondisi yang secara eksplisit difasilitasi oleh integrasi SSI ke dalam tahapan PBL. Hasil meta-analisis terhadap 25 studi turut menunjukkan bahwa Problem-Based Learning secara konsisten memberikan pengaruh besar terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik lintas jenjang pendidikan, yang menjadi fondasi penting bagi pengembangan keterampilan argumentasi ilmiah (Lu et al., 2025).

Kajian terdahulu mengenai integrasi SSI dan PBL dapat dikelompokkan ke dalam dua tema besar. Pertama, penelitian yang berfokus pada dampak SSI-PBL terhadap keterlibatan belajar dan keterampilan berpikir kritis, seperti yang dilakukan Karişan et al., (2024), yang secara konsisten melaporkan peningkatan aktivitas dan kemampuan berpikir kritis siswa, namun belum secara eksplisit mengukur kualitas argumentasi berdasarkan kerangka TAP. Kedua, penelitian yang secara khusus mengkaji keterampilan argumentasi ilmiah menggunakan TAP, namun dilakukan tanpa mengintegrasikan pendekatan SSI ke dalam sintaks PBL secara sistematis. Kedua kelompok kajian tersebut menunjukkan persamaan pada penggunaan konteks sosiosaintifik atau masalah autentik sebagai pemicu pembelajaran, tetapi berbeda pada fokus variabel terikat yang diukur. Celah (*gap*) yang belum banyak diisi adalah pengujian efektivitas integrasi SSI ke dalam sintaks PBL secara spesifik terhadap keterampilan argumentasi ilmiah berdasarkan keenam komponen TAP pada materi ekosistem di jenjang SMA, yang menjadi posisi kebaruan (*novelty*) penelitian ini.

Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji efektivitas pendekatan SSI dalam pembelajaran PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah berdasarkan kerangka *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP) pada materi ekosistem masih terbatas, khususnya pada tingkat SMA. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas penerapan *Problem-Based Learning* berbasis *SocioScientific Issues* terhadap peningkatan keterampilan argumentasi siswa pada materi ekosistem di SMAN 1 Jamblang. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan SSI dalam pembelajaran PBL, menganalisis perbedaan peningkatan keterampilan argumentasi antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, serta mengidentifikasi respons siswa terhadap pembelajaran yang diterapkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan pembelajaran

Biologi yang berorientasi pada penguatan keterampilan argumentasi ilmiah siswa (Erduran et al., 2004).

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan kajian mengenai mekanisme integrasi SSI ke dalam sintaks PBL sebagai strategi pembelajaran yang secara eksplisit melatih keenam komponen argumentasi menurut kerangka TAP, sekaligus memperkaya bukti empiris mengenai relevansi teori konstruktivisme sosial dalam konteks pembelajaran biologi berbasis isu sosiosaintifik. Secara praktis, temuan penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi guru sebagai alternatif strategi pembelajaran yang dapat diterapkan untuk melatih keterampilan argumentasi ilmiah secara terstruktur, bagi sekolah sebagai bahan pertimbangan dalam merancang pembelajaran Biologi yang kontekstual, serta bagi pengembang kurikulum sebagai referensi dalam menyusun perangkat pembelajaran yang selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dalam menguatkan kompetensi bernalar kritis siswa. Studi kuasi-eksperimental terbaru pada pembelajaran biologi turut menunjukkan bahwa inkuiri berbasis isu sosiosaintifik dunia nyata efektif meningkatkan keterampilan argumentasi peserta didik, meskipun penerapannya secara spesifik pada materi ekosistem dengan analisis berbasis keenam komponen TAP masih jarang dikaji (Nugroho et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental*) dan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Penelitian dilaksanakan di SMAN 1 Jamblang pada tahun ajaran 2025/2026 dengan melibatkan dua kelas X yang dipilih berdasarkan kesetaraan karakteristik akademik dan rekomendasi guru mata pelajaran. Kelas X-A ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI), sedangkan kelas X-B sebagai kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran PBL tanpa pendekatan SSI. Objek penelitian adalah keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi ekosistem yang dianalisis berdasarkan komponen *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP), meliputi *claim*, *data*, *warrant*, *backing*, *qualifier*, dan *rebuttal*.

Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMAN 1 Jamblang pada tahun ajaran 2025/2026. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu, dalam hal ini kesetaraan karakteristik akademik antarkelas serta rekomendasi guru mata pelajaran Biologi yang memahami kondisi masing-masing kelas. Teknik ini dipilih karena keterbatasan kondisi lapangan tidak memungkinkan dilakukannya penempatan siswa secara acak murni ke dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol, sebagaimana lazim terjadi pada penelitian kuasi eksperimen di lingkungan sekolah. Sampel penelitian terdiri atas 85 siswa, meliputi 41 siswa kelas eksperimen (X-A) dan 44 siswa kelas kontrol (X-B).

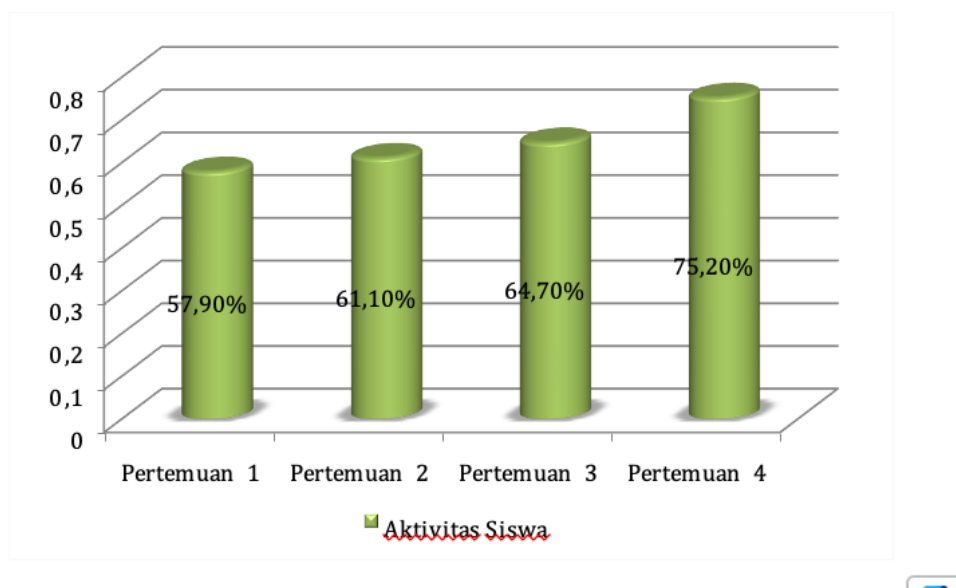
Pengumpulan data dilakukan melalui tes keterampilan argumentasi, lembar observasi, dan angket respons siswa. Tes diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran (*pretest-posttest*) untuk mengukur perubahan keterampilan argumentasi siswa. Lembar observasi digunakan untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas siswa selama proses pembelajaran berlangsung, sedangkan angket digunakan untuk memperoleh data mengenai respons siswa terhadap penerapan pembelajaran PBL berbasis SSI. Sebelum digunakan, instrumen tes terlebih dahulu melalui tahap validasi dan uji coba untuk memastikan kelayakannya sebagai alat pengumpul data.

Validasi instrumen tes argumentasi dilakukan melalui penilaian ahli (*expert judgment*) terhadap kesesuaian butir soal dengan indikator komponen TAP, dilanjutkan dengan uji coba lapangan untuk memeriksa keterbacaan dan tingkat kesukaran soal sebelum instrumen digunakan pada kelas penelitian. Angket respons siswa disusun dalam skala Likert 1–4 dan diberikan kepada 41 siswa kelas eksperimen setelah rangkaian pembelajaran selesai. Nilai koefisien validitas dan reliabilitas butir secara statistik (misalnya koefisien Pearson dan Cronbach's Alpha) belum dilaporkan secara eksplisit dalam naskah ini dan disarankan untuk dicantumkan pada revisi berikutnya apabila data perhitungan tersebut tersedia pada dokumentasi penelitian penulis.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Peningkatan keterampilan argumentasi siswa dihitung menggunakan skor N-Gain, sedangkan perbedaan peningkatan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dianalisis menggunakan uji *Mann–Whitney U*. Data hasil observasi dan angket dianalisis dalam bentuk persentase untuk menggambarkan keterlaksanaan pembelajaran serta respons siswa terhadap penerapan pendekatan Uji Mann–Whitney U dipilih sebagai uji beda nonparametrik dengan pertimbangan bahwa data skor argumentasi siswa pada penelitian pendidikan umumnya tidak terdistribusi normal serta berasal dari dua kelompok independen dengan ukuran sampel yang tidak sama besar; hasil uji normalitas (misalnya Shapiro-Wilk) yang menjadi dasar formal pemilihan uji ini belum dicantumkan secara eksplisit dalam naskah dan sebaiknya dilaporkan pada revisi berikutnya. *Socio-Scientific Issues* dalam model *ProblemBased Learning*. Hasil analisis kemudian digunakan untuk menentukan efektivitas pembelajaran PBL berbasis SSI dalam meningkatkan keterampilan argumentasi siswa pada materi ekosistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) yang terintegrasi dengan pendekatan Socio-Scientific Issues (SSI) diamati melalui aktivitas belajar siswa pada setiap pertemuan. Aktivitas siswa menjadi salah satu indikator penting untuk menilai keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Persentase aktivitas belajar siswa kelas eksperimen selama empat kali pertemuan disajikan pada Gambar 1. Grafik tersebut menunjukkan perubahan tingkat aktivitas siswa selama penerapan SSIPBL yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi efektivitas proses pembelajaran yang berlangsung.



Gambar 1. Persentase Aktivitas Belajar Siswa Kelas Eksperimen Per Pertemuan

Penerapan pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) dalam model *Problem-Based Learning* (PBL) pada materi ekosistem menunjukkan keterlaksanaan yang sangat baik. Aktivitas belajar siswa mengalami peningkatan selama proses pembelajaran, dari 57,9% pada pertemuan awal menjadi 75,2% pada pertemuan akhir. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa siswa semakin aktif dalam mengikuti pembelajaran, terlibat dalam diskusi kelompok, serta berpartisipasi dalam proses pemecahan masalah yang disajikan melalui isu-isu lingkungan yang dekat dengan kehidupan mereka. Peningkatan partisipasi ini sejalan dengan temuan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* secara konsisten meningkatkan sikap dan keterlibatan belajar peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional pada berbagai jenjang pendidikan (Kanyesigye et al., 2022).

Meningkatnya aktivitas belajar siswa menunjukkan bahwa integrasi SSI dalam PBL mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih partisipatif dibandingkan pembelajaran konvensional. Isu-isu sosiosaintifik yang digunakan sebagai pemicu pembelajaran mendorong siswa untuk menghubungkan konsep ekosistem dengan permasalahan nyata, seperti pencemaran lingkungan, kerusakan habitat, dan pelestarian keanekaragaman hayati. Kondisi tersebut membuat siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat dalam proses berpikir, berdiskusi, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah.

Temuan ini sejalan dengan teori konstruktivisme sosial Vygotsky yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial. Diskusi kelompok dan pertukaran gagasan selama pembelajaran SSI-PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengonstruksi pemahaman secara kolaboratif. Hasil penelitian ini juga mendukung temuan Khairrunisa et al., (2025) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis SSI efektif meningkatkan keterlibatan siswa dan mendorong partisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Kajian teoretis terbaru mengenai argumentasi anak dan remaja turut menegaskan bahwa interaksi sosial dalam kerangka Vygotsky menjadi mekanisme penting yang memungkinkan peserta didik mengonstruksi kemampuan bernalar bersama sebelum mampu melakukannya secara mandiri (Rapanta, 2023).

Peningkatan aktivitas belajar siswa tersebut sejalan dengan hasil pengukuran keterampilan argumentasi ilmiah melalui *pretest* dan *posttest*. Perbandingan nilai N-Gain dan uji *Mann-Whitney U* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ranks Uji Man-Whitney U (N-Gain)

Variabel	Kelas	N	Mean Rank	Sum of Ranks
N_Gain	Eksperimen	41	51,85	2126,00
	Kontrol	44	34,75	1529,00
	Total	85	—	—

Sumber: Data diolah

Sebagai pelengkap Tabel 1, ringkasan statistik deskriptif berupa rerata skor *pretest*, *posttest*, N-Gain, dan simpangan baku (SD) untuk kedua kelompok idealnya turut disajikan dalam bentuk tabel tersendiri agar pembaca dapat menilai sebaran data secara lebih menyeluruh. Nilai-nilai rerata dan SD mentah tersebut belum tercantum dalam draf naskah ini dan disarankan untuk dilengkapi oleh penulis pada revisi berikutnya berdasarkan data hasil *pretest-posttest* yang telah dikumpulkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran SSI-PBL lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan argumentasi siswa dibandingkan pembelajaran tanpa pendekatan SSI. Kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 8,03%, sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 3,49%, dengan selisih peningkatan sebesar 4,54%. Selain itu, hasil uji *Mann-Whitney U* menunjukkan nilai signifikansi 0,001 ($p < 0,05$), yang menandakan adanya perbedaan peningkatan keterampilan argumentasi yang signifikan antara kedua kelompok.

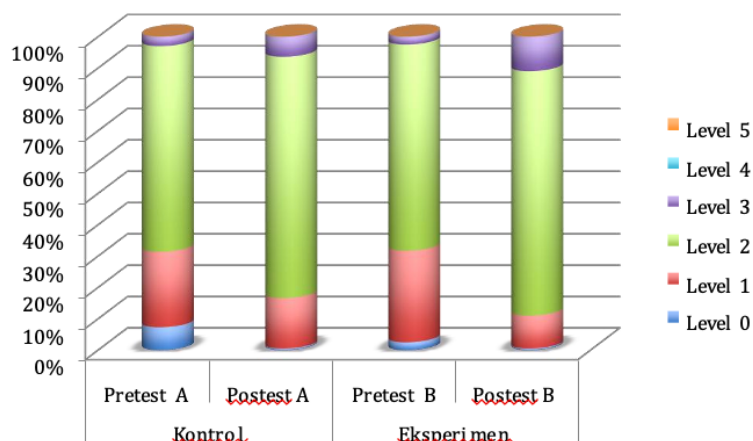
Berdasarkan kriteria klasifikasi N-Gain menurut Hake, (1999), nilai N-Gain kelas eksperimen (8,03%) maupun kelas kontrol (3,49%) sama-sama berada pada kategori rendah ($g < 30\%$). Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun perbedaan peningkatan antara kedua kelompok signifikan secara statistik, besaran peningkatan keterampilan argumentasi pada kelas eksperimen secara deskriptif belum mencapai kategori sedang atau tinggi, sehingga klaim efektivitas SSI-PBL pada penelitian ini perlu dimaknai secara proporsional sebagai keunggulan relatif dibandingkan kelas kontrol, bukan sebagai pencapaian penguasaan keterampilan argumentasi yang optimal. Untuk melengkapi ukuran signifikansi statistik, besaran pengaruh (*effect size*) turut dihitung menggunakan rumus $r = Z/\sqrt{N}$. Berdasarkan nilai $Z = -3,201$ dan $N = 85$, diperoleh $r \approx 0,35$, yang menurut kriteria Cohen tergolong dalam kategori efek sedang (*medium effect*). Nilai ini mengindikasikan bahwa perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki makna praktis yang cukup berarti, meskipun tidak tergolong besar. Interpretasi ini perlu mempertimbangkan bahwa tolok ukur Cohen yang umum digunakan berasal dari konteks penelitian psikologi sosial dengan skala berbeda, sehingga kajian berskala luas terhadap ratusan intervensi pendidikan menunjukkan bahwa *effect size* pada intervensi pembelajaran umumnya berada pada rentang yang lebih moderat dibandingkan tolok ukur klasik tersebut (Evans et al., 2022).

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan isu-isu sosiosaintifik dalam pembelajaran memberikan ruang yang lebih luas bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah. Dalam pembelajaran SSI-PBL, siswa tidak hanya diminta memahami konsep ekosistem, tetapi juga menganalisis suatu isu, mengevaluasi

berbagai alternatif solusi, dan mempertahankan pendapat berdasarkan data serta bukti yang relevan. Proses tersebut secara langsung melatih siswa untuk menyusun argumen yang lebih terstruktur dan logis.

Berdasarkan analisis argumentasi menggunakan kerangka *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP), peningkatan keterampilan argumentasi terjadi karena siswa memperoleh kesempatan untuk mengembangkan komponen-komponen argumentasi secara lebih lengkap, mulai dari claim, data, warrant, hingga rebuttal. Selama pembelajaran, siswa dihadapkan pada permasalahan yang bersifat kontroversial dan terbuka sehingga mereka terdorong untuk mempertimbangkan berbagai sudut pandang sebelum mengambil keputusan. Kondisi ini berbeda dengan pembelajaran konvensional yang cenderung berfokus pada penguasaan konsep dan penyampaian informasi oleh guru. Berdasarkan Tabel 1, kelas eksperimen memperoleh mean rank sebesar 51,85, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya 34,75. Analisis komponen argumentasi semacam ini sejalan dengan berbagai kajian yang menerapkan kerangka TAP pada pembelajaran biologi berbasis materi kontekstual, yang menunjukkan bahwa penguasaan komponen data dan warrant relatif lebih mudah dicapai peserta didik dibandingkan komponen rebuttal (Kundariati et al., 2022).

Hasil uji *Mann–Whitney U* menunjukkan nilai signifikansi 0,001 ($p < 0,05$), yang menandakan adanya perbedaan peningkatan keterampilan argumentasi yang signifikan antara kedua kelompok, dengan kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran SSI-PBL menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Guna memberikan gambaran komparatif mengenai pemetaan kualitas argumen yang mampu dibangun siswa berdasarkan kerangka kerja TAP, distribusi persentase level argumentasi pada kedua kelas dipaparkan dalam Gambar 2.



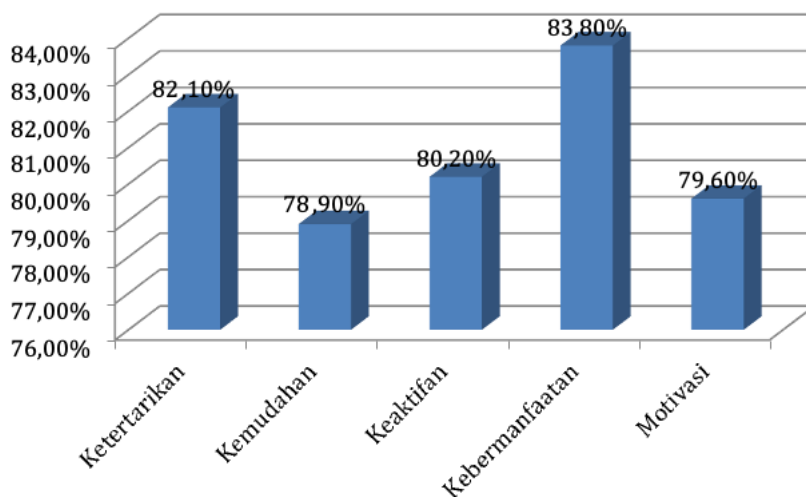
Gambar 2. Distribusi Level Argumentasi Keseluruhan (%) Kelas A (Kontrol) dan Kelas B (Eksperimen)

Berdasarkan Gambar 2, kelas eksperimen menunjukkan proporsi siswa pada Level 3 yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, sementara kedua kelas masih didominasi

oleh Level 2. Meskipun terjadi peningkatan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada Level 2 argumentasi. Level ini ditandai oleh kemampuan menyampaikan klaim yang telah didukung data atau alasan, tetapi belum disertai rebuttal yang kuat. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa siswa telah mulai mampu membangun hubungan logis antara pendapat dan bukti, namun belum terbiasa mengevaluasi atau menyanggah argumen alternatif secara mendalam. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh keterbatasan waktu pembelajaran, pengalaman siswa yang masih terbatas dalam kegiatan argumentatif, serta fokus pembelajaran yang lebih banyak menekankan penyusunan klaim dan alasan dibandingkan pengembangan rebuttal.

Dominannya Level 2 tidak dapat sepenuhnya dipandang sebagai kelemahan siswa, melainkan menunjukkan bahwa proses pengembangan argumentasi ilmiah masih memerlukan latihan yang berkelanjutan. Erduran et al., (2004) menjelaskan bahwa rebuttal merupakan komponen argumentasi yang paling kompleks karena menuntut kemampuan berpikir kritis tingkat tinggi, evaluasi bukti, serta pertimbangan terhadap perspektif lain. Oleh karena itu, kemunculan Level 3 pada sebagian siswa setelah pembelajaran dapat dipandang sebagai indikator bahwa SSI-PBL mulai mampu mendorong perkembangan kualitas argumentasi ke arah yang lebih kompleks. Temuan serupa juga dilaporkan pada penerapan pendekatan SSI di jenjang menengah, di mana peningkatan literasi sains dan kualitas argumentasi peserta didik cenderung lebih menonjol pada aspek pemahaman isu dibandingkan pada kemampuan menyanggah pandangan yang berbeda (Türk & Çam, 2025).

Temuan penelitian ini memperkuat pandangan Karişan et al., (2024) bahwa pembelajaran berbasis SSI dapat meningkatkan kemampuan argumentasi melalui diskusi terhadap isu-isu ilmiah yang memiliki dimensi sosial dan etika. Pola sebaran persepsi dan tingkat ketertarikan afektif siswa terhadap keseluruhan sintak pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik ini divisualisasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi Kategori Respon Siswa Terhadap Pembelajaran SSI-PBL (Skala Likert 1-4, n=41)

Hasil angket menunjukkan bahwa siswa memberikan respon yang sangat positif terhadap penerapan SSI-PBL dengan rata-rata persentase sebesar 80,9% yang termasuk dalam kategori sangat kuat. Siswa menilai pembelajaran lebih menarik, bermanfaat, dan

relevan dengan kehidupan sehari-hari karena materi ekosistem dipelajari melalui isu-isu nyata yang mereka temui di lingkungan sekitar. Persentase respons pada Gambar 3 berkisar antara 76% hingga 84% pada masing-masing aspek yang diukur dalam angket, yang secara umum meliputi aspek motivasi belajar, pemahaman konsep, relevansi materi dengan kehidupan sehari-hari, dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran SSI-PBL. Label eksplisit untuk setiap aspek pada Gambar 3 perlu dicantumkan langsung pada grafik beserta nilai persentasenya masing-masing agar pembaca dapat menelusuri capaian tiap aspek secara individual, sesuai dengan struktur indikator angket asli yang digunakan penulis. Capaian respons positif ini memperkuat bukti dari berbagai konteks pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik bahwa pendekatan ini secara konsisten meningkatkan keyakinan diri sains (self-efficacy) dan minat peserta didik terhadap sains, sejalan dengan peningkatan keterampilan argumentasi yang dicapai (Smit et al., 2025).

Respon positif tersebut menunjukkan bahwa pendekatan SSI mampu meningkatkan motivasi belajar siswa. Penggunaan isu lingkungan yang kontekstual membuat siswa lebih mudah memahami keterkaitan antara konsep biologi dengan permasalahan sosial yang terjadi di masyarakat. Selain itu, diskusi kelompok dan kegiatan argumentasi memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyampaikan pendapat secara aktif, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dibandingkan pembelajaran yang hanya berorientasi pada penyampaian materi.

Berdasarkan perspektif pendidikan sains, respon positif siswa merupakan indikator penting keberhasilan pembelajaran karena menunjukkan bahwa proses belajar tidak hanya meningkatkan hasil kognitif, tetapi juga membangun keterlibatan emosional dan sosial siswa. Pembelajaran yang dianggap relevan dengan kehidupan nyata cenderung menghasilkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan berkelanjutan. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan pembelajaran biologi berbasis isu-isu sosiosaintifik.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi SSI dalam model PBL tidak hanya meningkatkan aktivitas belajar siswa, tetapi juga efektif dalam mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah yang menjadi salah satu kompetensi penting abad ke-21. Keunggulan pendekatan ini terletak pada kemampuannya menghubungkan konsep sains dengan konteks kehidupan nyata sehingga siswa terdorong untuk berpikir kritis, mengevaluasi informasi, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah.

Secara ringkas, temuan pembahasan di atas menjawab ketiga sub-tujuan penelitian yang dirumuskan pada bagian Pendahuluan. Pertama, penerapan SSI dalam pembelajaran PBL terdeskripsikan melalui peningkatan aktivitas belajar siswa dari 57,9% menjadi 75,2% selama empat pertemuan (Gambar 1). Kedua, perbedaan peningkatan keterampilan argumentasi antara kelas eksperimen dan kelas kontrol terkonfirmasi secara statistik melalui nilai N-Gain, uji Mann-Whitney U, klasifikasi kategori Hake, dan effect size ($r \approx 0,35$), meskipun peningkatan tersebut masih berada pada kategori rendah secara deskriptif. Ketiga, respons siswa terhadap pembelajaran SSI-PBL teridentifikasi berada pada kategori sangat kuat dengan rata-rata 80,9% (Gambar 3). Ketiga temuan tersebut secara konsisten mendukung simpulan bahwa integrasi SSI dalam PBL memberikan kontribusi positif, meskipun dengan magnitude peningkatan kognitif yang masih terbatas.

Secara akademik, penelitian ini memperkuat kajian mengenai efektivitas pembelajaran SSI-PBL dalam meningkatkan kualitas argumentasi ilmiah berdasarkan kerangka *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP). Selain itu, penelitian ini memberikan bukti bahwa pembelajaran argumentatif perlu dirancang secara eksplisit dan berkelanjutan agar siswa tidak hanya mampu menyusun klaim dan alasan, tetapi juga

mengembangkan rebuttal sebagai indikator argumentasi ilmiah tingkat tinggi. Dengan demikian, SSI-PBL dapat menjadi salah satu alternatif strategi pembelajaran yang relevan untuk mendukung pengembangan literasi sains dan keterampilan argumentasi siswa pada materi ekosistem maupun materi biologi lainnya.

KESIMPULAN

Penerapan Socio-Scientific Issues (SSI) dalam model Problem-Based Learning (PBL) terbukti efektif meningkatkan keterampilan argumentasi siswa pada materi ekosistem di SMAN 1 Jamblang, dengan peningkatan kelas eksperimen signifikan dan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (effect size sedang, $r \approx 0,35$). Namun, nilai N-Gain kedua kelompok masih tergolong rendah menurut kriteria Hake (1999), sehingga efektivitas SSI-PBL lebih tepat dimaknai sebagai keunggulan relatif, bukan penguasaan argumentasi tingkat tinggi secara menyeluruh. Pembelajaran terlaksana sangat baik dan direspons sangat positif oleh siswa. Secara teoretis, temuan ini memperkuat relevansi konstruktivisme sosial Vygotsky dan inquiry-based argumentation dalam mengembangkan komponen TAP, sekaligus menjadi rujukan praktis bagi guru dan pengembang kurikulum dalam melatih komponen rebuttal yang jarang dikembangkan. Beberapa keterbatasan perlu dicermati, yaitu penggunaan purposive sampling tanpa randomisasi murni, cakupan satu sekolah dan satu materi, potensi efek Hawthorne, serta durasi penelitian yang singkat. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas sampel, materi, dan mengkaji argumentasi lisan serta keterampilan abad ke-21 lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A. A., & Johari, M. (2023). The effect of argumentation about socio-scientific issues on secondary students' reasoning pattern and quality. *SpringerAA Aziz, M JohariResearch in Science Education, 2023•Springer, 53(4), 771–789.* <https://doi.org/10.1007/S11165-023-10099-5>
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Wiley Online LibraryS Erduran, S Simon, J OsborneScience Education, 2004•Wiley Online Library, 88(6), 915–933.* <https://doi.org/10.1002/SCE.20012>
- Evans, D. (2022). How big are effect sizes in international education studies? *Journals.Sagepub.ComDK Evans, F YuanEducational Evaluation and Policy Analysis, 2022•journals.Sagepub.Com, 44(3), 532–540.* <https://doi.org/10.3102/01623737221079646>
- Genisa, M., Subali, B., Agussalim, A. (2020). Socio-Scientific Issues Implementation as Science Learning Material. *ERICMU Genisa, B Subali, A Agussalim, H HabibiInternational Journal of Evaluation and Research in Education, 2020•ERIC, 9(2), 311–317.* <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i2.20530>
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores.* https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Hake%2C+R.+R.+%281999%29.+Analyzing+change%2Fgain+scores.+American+Educational+Research+Association.+&btnG=

- Kanyesigye, S. T., Uwamahoro, J., & Kemeza, I. (2022). Effect of problem-based learning on students' attitude towards learning physics: a cohort study. *Pmc.Ncbi.Nlm.Nih.GovST Kanyesigye, J Uwamahoro, I KemezaF1000Research*, 2022•*pmc.Ncbi.Nlm.Nih.Gov*, 11, 1240. <https://doi.org/10.12688/F1000RESEARCH.125085.1>
- Karısan, D.(2024). Teaching socioscientific issues in the digital age: Emerging trends and unexplored frontiers. *Dergipark.Org.TrD Karısan, D ZeidlerTurkish Journal of Education*, 2024•*dergipark.Org.Tr*, 13(13). <https://doi.org/10.19128/turje.1384524>
- Khairrunisa, A., Yusup, I., Pendidikan, E. P.-B. J., & 2025, undefined. (2025). Improving students' scientific literacy through a problem-based learning model integrated with socio-scientific issues on ecosystem learning. *Journal.Unj.Ac.IdAN Khairrunisa, IR Yusup, E PaujiahBiosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 2025•*journal.Unj.Ac.Id*, 18(2), 276–289. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.55744>
- 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. *ElsevierV Kumar, SK Choudhary, R SinghSocial Sciences & Humanities Open*, 2024•*Elsevier*, 9. <https://doi.org/10.1016/J.SSAHO.2023.100765>
- Kundariati, M., Maghfiroh, L., Indriwati, S. E., Rohman, F., & Priambodo, B. (2022). Revealing the effect of local-based teaching materials toward scientific reasoning, argumentation, and problem-solving in biology classroom. *Ejournal.Umm.Ac.IdM Kundariati, L Maghfiroh, SE Indriwati, F Rohman, B PriambodoJPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 2022•*ejournal.Umm.Ac.Id*, 8(3), 287–295. <https://doi.org/10.22219/JPBI.V8I3.21973>
- 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. *ERICAA Nugroho, S Sajidan, S Suranto, M MasykuriJournal of Pedagogical Research*, 2025•*ERIC*, 9(1), 337–362. <https://doi.org/10.33902/JPR.202531979>
- Pisa, O. E. (2023). *results (volume I): the state of learning and equity in education. PISA*. <https://doi.org/10.1787/53F23881-EN>
- Rahma, S., Gloria, R. Y., & Nurjannah, L. (2025). Meta Analisis: Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Keterampilan Abad Ke-21 Dalam Pembelajaran. *Journal-Fmipa.Um.Ac.IdS Rahma, RY Gloria, L NurjannahJurnal Pendidikan Biologi*, 2024•*journal-Fmipa.Um.Ac.Id*, 15(2), 133. <https://doi.org/10.17977/UM052V15I2P133-144>
- Rapanta, C. (2023). Piaget, Vygotsky and young people's argumentation: Sociocognitive aspects and challenges of reasoning "together" and "alone." *ElsevierC RapantaLearning, Culture and Social Interaction*, 2023•*Elsevier*, 39. <https://doi.org/10.1016/J.LCSI.2023.100698>
- Sanwasi, S., & Cahyani, D. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis dalam Penggunaan Bahan Ajar Komik Berbasis Socio Scientific Issues pada Materi Sistem Pencernaan Manusia. *JournalI.Uinssc.Ac.IdS Sanwasi, D Cahyani, A*

- Mulyani *Jurnal Ilmu Alam Indonesia*, 2019 • *journal1.Uinsssc.Ac.Id*.
<https://journal1.uinsssc.ac.id/index.php/jia/article/view/21884>
- Sari, D., Saputro, S. (2025). A Systematic Review on Integrating SSI into Science Education: Its impact on 21st century skills (2014-2024). *Journal.Midpublisher.Com* DR Sari, S Saputro, S Sajidan *Educational Studies and Research Journal*, 2025 • *journal.Midpublisher.Com*, 2(1), 2025. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.14693973>
- 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. *Taylor & Francis* R Smit, F Rietz, D Büchel *International Journal of Science Education*, 2025 • *Taylor & Francis*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2460050>
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=8UYgegaB1S0C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Toulmin,+S.+E.+\(1958\).+The+uses+of+argument.+Cambridge+University+Press.+&ots=Xg6_ulARBP&sig=lbJ9i7wVWoJPqJAKjtQ0IYx3IiE&redir_esc=y#v=onepage&q=Toulmin%2C+S.+E.+\(1958\).+The+uses](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=8UYgegaB1S0C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Toulmin,+S.+E.+(1958).+The+uses+of+argument.+Cambridge+University+Press.+&ots=Xg6_ulARBP&sig=lbJ9i7wVWoJPqJAKjtQ0IYx3IiE&redir_esc=y#v=onepage&q=Toulmin%2C+S.+E.+(1958).+The+uses)
- Türk, C. K., & Çam, A. (2025). The Effect of Argumentation on Middle School Students' Scientific Literacy as well as their Views, Attitudes and Knowledge About Socioscientific Issues: CK Türk et al. *Springer* CK Türk, A Çam *Science & Education*, 2025 • *Springer*, 34(3), 1363–1388. <https://doi.org/10.1007/S11191-023-00489-6>
- Yusmar, F. (2023). Analisis rendahnya literasi sains peserta didik indonesia: Hasil PISA dan faktor penyebab. *Mail.Jurnallensa.Web.Id* F Yusmar, RE Fadilah *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 2023 • *mail.Jurnallensa.Web.Id*, 13(1), 11–19. <https://doi.org/10.24929/LENSA.V13I1.283>