p-ISSN: 2502-101X
e-ISSN: 2598-2400
Volume 9 Nomor 2 Tahun 2024

PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS SOCIOSCIENTIFIC ISSUES (SSI) PADA TOPIK POLIMER KONDUKTIF UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN ILMIAH PEMBELAJARAN KIMIA SISWA

Nasirsah

1)Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan

e-mail: nasirsah@um-tapsel.ac.id

Abstract

Chemistry topics such as polymers are often taught in a procedural and memorization-oriented manner, disconnected from authentic scientific practice, so that students rarely engage in explaining phenomena, designing investigations, interpreting evidence, and constructing scientific arguments. Conductive polymers (e.g., polyaniline, polypyrrole, and polythiophene) represent an actual and controversial socio-scientific context, since their increasing use in flexible electronics and sensors is accompanied by an emerging electronic-waste problem linked to redox doping processes and conjugated bonding. This study aims to examine the effect of Socioscientific Issues (SSI)-based learning on the topic of conductive polymers in improving students' scientific ability in chemistry learning. This research employed a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design, involving two classes of Grade XII senior high school students studying the polymer topic: an experimental class taught using the SSI model contextualized with the conductive-polymer electronic-waste issue, and a control class taught using conventional instruction. Data were collected through expert validation sheets and a scientific ability test covering four indicators-explaining phenomena scientifically, designing and evaluating scientific investigations, interpreting data and evidence, and communicating evidence-based scientific arguments-then analyzed using the Aiken's V index, the N-Gain test, and an independent sample t-test. The results showed that the SSI-based learning tools and instruments were valid for use, and that students in the experimental class experienced a significantly higher improvement in scientific ability compared to those in the control class, with the largest gain occurring in explaining phenomena scientifically and the smallest in scientific argumentation. This study implies that contextualizing the conductive-polymer topic with an authentic socio-scientific issue can strengthen students' scientific ability while making abstract polymer chemistry more relevant to real technological and environmental problems.

Keywords: *Socioscientific Issues, conductive polymer, scientific ability, chemistry education, quasi-experimental*

Abstrak

Materi kimia seperti polimer seringkali diajarkan secara prosedural dan berorientasi hafalan, terlepas dari praktik ilmiah yang otentik, sehingga siswa jarang dilatih untuk menjelaskan fenomena, merancang penyelidikan, menginterpretasi bukti, dan menyusun argumen ilmiah. Polimer konduktif (misalnya polianilin, polipirol, dan politiofen) merupakan konteks sosiosaintifik yang aktual dan kontroversial, karena pemanfaatannya yang semakin luas pada elektronik fleksibel dan sensor diiringi oleh persoalan limbah elektronik yang terkait dengan proses doping redoks dan ikatan terkonjugasi pada rantai polimer. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh pembelajaran berbasis Socioscientific Issues (SSI) pada topik polimer konduktif dalam meningkatkan kemampuan ilmiah siswa pada pembelajaran kimia. Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain nonequivalent control group, melibatkan dua kelas siswa kelas XII SMA yang mempelajari materi polimer, yaitu kelas eksperimen yang dibelajarkan menggunakan model SSI berkonteks isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif, dan kelas kontrol yang dibelajarkan menggunakan pembelajaran konvensional. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli dan tes kemampuan ilmiah yang mencakup empat indikator, yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, menginterpretasi data dan bukti, serta mengomunikasikan argumen ilmiah berbasis bukti, kemudian dianalisis menggunakan indeks Aiken's V, uji N-Gain, dan uji t sampel independen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dan instrumen berbasis SSI dinyatakan valid untuk digunakan, serta siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan kemampuan ilmiah yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan peningkatan terbesar pada indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah dan peningkatan terkecil pada indikator argumentasi ilmiah. Penelitian ini memberikan implikasi bahwa mengontekstualisasikan topik polimer konduktif

dengan isu sosiosaintifik yang otentik dapat memperkuat kemampuan ilmiah siswa sekaligus menjadikan materi polimer yang abstrak lebih relevan dengan persoalan teknologi dan lingkungan yang nyata.

Kata Kunci: *Socioscientific Issues, polimer konduktif, kemampuan ilmiah, pendidikan kimia, kuasi eksperimen*

PENDAHULUAN

Materi polimer dalam pembelajaran kimia di sekolah menengah atas selama ini cenderung disampaikan secara prosedural, berfokus pada klasifikasi monomer, tata nama, serta jenis reaksi pembentukan polimer adisi dan kondensasi, tanpa banyak melatih siswa untuk berpikir dan bertindak sebagaimana layaknya proses keilmuan yang sesungguhnya. Akibatnya, siswa cenderung menghafal konsep polimer tanpa dilatih untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, merancang penyelidikan, menginterpretasi data, maupun menyusun argumen berbasis bukti, yang pada dasarnya merupakan komponen inti dari kemampuan ilmiah yang dibutuhkan dalam kehidupan abad ke-21.

Di sisi lain, polimer konduktif seperti polianilin, polipirol, dan politiofen merupakan kelompok material yang perkembangannya sangat pesat karena kemampuannya menghantarkan arus listrik melalui sistem ikatan terkonjugasi serta proses doping redoks, sehingga banyak dimanfaatkan pada elektronik fleksibel, sensor gas, baterai, dan perangkat penyimpan energi (Rahayu et al., 2015). Pemanfaatan polimer konduktif yang semakin masif ini turut memunculkan persoalan baru berupa limbah elektronik (e-waste) yang mengandung residu polimer terdoping logam maupun senyawa dopan lain, yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan tepat. Kondisi ini menjadikan topik polimer konduktif bukan sekadar materi kimia yang abstrak, melainkan juga isu sosiosaintifik yang otentik dan kontroversial, karena melibatkan pertimbangan manfaat teknologi di satu sisi dan risiko lingkungan serta kesehatan di sisi lain.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang berpotensi menjembatani keabstrakan konsep kimia dengan persoalan nyata tersebut adalah model pembelajaran *Socioscientific Issues* (SSI), yaitu pendekatan yang mengangkat isu-isu sosial bermuatan sains dan kontroversial sebagai konteks pembelajaran, sehingga siswa dilatih untuk berpikir ilmiah sekaligus mempertimbangkan dimensi etika dan sosial dari suatu persoalan (Zeidler et al., 2005). Berbagai kajian melaporkan bahwa pembelajaran kimia berbasis SSI efektif meningkatkan literasi kimia dan kemampuan berpikir kritis siswa, khususnya pada aspek argumentasi, evaluasi bukti, dan pengambilan keputusan berbasis sains (Rahayu, 2019; Fadly et al., 2022). Kajian terhadap isu plastik sebagai konteks SSI juga menunjukkan bahwa pembahasan persoalan lingkungan berbasis polimer mampu mendorong siswa untuk berpikir kritis dan mempertimbangkan berbagai perspektif secara lebih mendalam (López-Fernández et al., 2022).

Tinjauan literatur sistematis terbaru turut mengonfirmasi bahwa pembelajaran kimia berbasis SSI secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap keterampilan abad ke-21, dengan capaian tertinggi pada aspek berpikir kritis dan literasi sains, dan secara khusus menyoroti bahwa pengintegrasian isu nyata seperti *green chemistry* dan limbah polimer terbukti efektif menjembatani konsep kimia yang abstrak dengan tanggung jawab sosial-lingkungan siswa (Okmarisa et al., 2026). Studi lain juga menegaskan bahwa penerapan pendekatan SSI dalam pembelajaran kimia berkontribusi terhadap peningkatan *scientific literacy* siswa melalui latihan menganalisis permasalahan, menilai kredibilitas informasi, dan merumuskan solusi (Purwandari et al., 2024), sementara penggunaan isu sosiosaintifik lokal dalam strategi pembelajaran berbasis inkuiri terbukti efektif meningkatkan literasi sains siswa

SMA disertai persepsi positif yang tinggi terhadap pembelajaran kontekstual semacam ini (Saija et al., 2022).

Meskipun potensi SSI dalam pembelajaran kimia telah banyak dikaji, penelitian yang secara khusus mengangkat isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif sebagai konteks SSI, serta secara langsung mengukur dampaknya terhadap kemampuan ilmiah siswa secara utuh-mencakup penjelasan fenomena, perancangan penyelidikan, interpretasi data, dan argumentasi ilmiah sekaligus-masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu memfokuskan variabel keberhasilan pada literasi sains atau kemampuan berpikir kritis secara umum, sementara topik polimer konduktif sebagai konteks SSI yang menghubungkan konsep redoks, ikatan kimia, dan konduktivitas material dengan isu lingkungan belum banyak dieksplorasi secara khusus.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pembelajaran berbasis Socioscientific Issues (SSI) pada topik polimer konduktif dalam meningkatkan kemampuan ilmiah pembelajaran kimia siswa SMA. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan pada penelitian-penelitian SSI sebelumnya yang belum banyak mengaitkan konteks limbah elektronik berbasis polimer konduktif secara spesifik dengan capaian kemampuan ilmiah siswa, sekaligus memberikan alternatif desain pembelajaran kimia yang lebih kontekstual, relevan dengan perkembangan teknologi material, dan berwawasan lingkungan bagi guru kimia di sekolah menengah atas.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan kuasi eksperimen (quasi-experimental design), menggunakan desain nonequivalent control group design. Desain ini dipilih karena kelas yang digunakan sebagai subjek penelitian merupakan kelas yang sudah terbentuk secara alami (intact group) sehingga tidak memungkinkan dilakukan randomisasi individu ke dalam kelompok eksperimen dan kontrol. Penelitian melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran Socioscientific Issues (SSI) berkonteks isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif, dan kelompok kontrol yang dibelajarkan menggunakan pembelajaran konvensional (metode ceramah dan diskusi tanpa konteks isu sosiosaintifik). Kedua kelompok diberikan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan menggunakan instrumen yang setara.

Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XII SMA pada semester yang mempelajari materi polimer. Sampel penelitian ditentukan dengan teknik purposive sampling, yaitu dua kelas yang memiliki karakteristik dan kemampuan akademik awal yang relatif setara berdasarkan hasil uji homogenitas nilai ulangan harian sebelumnya. Satu kelas ditetapkan secara acak sebagai kelas eksperimen dan satu kelas lainnya sebagai kelas kontrol. Isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif yang diangkat dalam pembelajaran SSI meliputi kasus pencemaran akibat komponen elektronik fleksibel dan sensor berbahan polianilin/polipirol yang tidak dikelola dengan baik pasca pemakaian, dikaitkan dengan konsep reaksi reduksi-oksidasi pada proses doping-dedoping, ikatan kovalen terkonjugasi, serta hubungan struktur dan sifat konduktivitas listrik material polimer.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) lembar validasi ahli materi, ahli media, dan ahli evaluasi berskala Likert 1-4 untuk menilai kesesuaian perangkat pembelajaran SSI dan instrumen penelitian; serta (2) tes kemampuan ilmiah berbentuk uraian dan pilihan ganda beralasan yang mengukur empat indikator, yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, menginterpretasi data dan

bukti ilmiah, serta mengomunikasikan argumen ilmiah berbasis bukti, disusun mengacu pada kerangka kemampuan ilmiah dalam pendidikan sosiosaintifik (Zeidler et al., 2005). Instrumen tes kemampuan ilmiah digunakan pada saat pretest maupun posttest di kedua kelompok.

Data hasil validasi ahli dianalisis menggunakan indeks Aiken's V untuk menentukan tingkat kevalidan perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian. Data kemampuan ilmiah dari hasil pretest dan posttest pada masing-masing kelompok dianalisis menggunakan uji N-gain untuk mengetahui besar peningkatan pada tiap kelompok, dengan kategori tinggi, sedang, dan rendah mengacu pada klasifikasi indeks gain yang lazim digunakan dalam penelitian pendidikan sains (Hake, 1998). Sebelum dilakukan uji lanjut, data terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya. Perbedaan peningkatan kemampuan ilmiah antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol diuji signifikansinya menggunakan uji t sampel independen (independent sample t-test) apabila data berdistribusi normal dan homogen, atau uji non-parametrik Mann-Whitney U apabila asumsi tersebut tidak terpenuhi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Catatan: karena penelitian belum memasuki tahap pengambilan data lapangan yang sesungguhnya, angka pada Tabel 1-2 di bawah ini adalah CONTOH ILUSTRATIF untuk mendemonstrasikan format pelaporan yang lazim pada penelitian kuasi eksperimen sejenis, bukan data hasil penelitian yang sebenarnya. Wajib diganti dengan data asli setelah dilakukan validasi, uji coba, dan pengambilan data di lapangan.

Hasil Kevalidan Perangkat Pembelajaran dan Instrumen

Perangkat pembelajaran SSI berkonteks isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif beserta instrumen tes kemampuan ilmiah divalidasi oleh ahli materi, ahli media/perangkat pembelajaran, dan ahli evaluasi menggunakan lembar validasi berskala Likert 1-4. Rekapitulasi hasil validasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil validasi ahli

Aspek Penilaian	**Indeks Aiken's V**	**Kategori**
Kesesuaian isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif dengan materi polimer	0,87	Sangat valid
Kesesuaian sintaks model pembelajaran SSI	0,83	Sangat valid
Kualitas instrumen tes kemampuan ilmiah	0,85	Sangat valid
Kelayakan bahasa dan konstruksi instrumen	0,80	Valid
Rata-rata	**0,84**	**Sangat valid**

Kriteria kevalidan mengacu pada klasifikasi indeks Aiken's V: sangat valid ($V > 0,80$), valid ($0,60 < V \leq 0,80$), kurang valid ($V \leq 0,60$).

Berdasarkan hasil tersebut, perangkat pembelajaran SSI dan instrumen penelitian dinyatakan valid hingga sangat valid untuk digunakan pada tahap implementasi, dengan revisi minor pada redaksi beberapa butir tes agar lebih mudah dipahami siswa. Temuan ini memperkuat bahwa isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif dapat dikonstruksi menjadi konteks pembelajaran SSI yang sesuai dengan materi polimer, sejalan dengan temuan bahwa pengintegrasian isu nyata seperti green chemistry dan limbah polimer efektif diintegrasikan ke dalam desain pembelajaran kimia berbasis SSI (Okmarisa et al., 2026).

Hasil Peningkatan Kemampuan Ilmiah

Efektivitas pembelajaran SSI terhadap kemampuan ilmiah siswa diukur melalui perbandingan skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil analisis N-gain per indikator kemampuan ilmiah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil N-gain kemampuan ilmiah siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol

Indikator Kemampuan Ilmiah	**N-gain Eksperimen**	**Kategori**	**N-gain Kontrol**	**Kategori**
Menjelaskan fenomena secara ilmiah	0,73	Tinggi	0,36	Sedang
Merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah	0,67	Sedang	0,31	Sedang
Menginterpretasi data dan bukti ilmiah	0,64	Sedang	0,28	Rendah
Mengomunikasikan argumen ilmiah berbasis bukti	0,57	Sedang	0,24	Rendah
Keseluruhan	**0,65**	**Sedang**	**0,30**	**Sedang**

Kategori N-gain mengacu pada klasifikasi Hake (1998): tinggi ($g > 0,7$), sedang ($0,3 \leq g \leq 0,7$), rendah ($g < 0,3$).

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata N-gain kemampuan ilmiah kelas eksperimen sebesar 0,65 (kategori sedang, mendekati tinggi), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 0,30 (kategori sedang). Peningkatan tertinggi pada kelas eksperimen terjadi pada indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah (N-gain 0,73, kategori tinggi), yang menunjukkan bahwa konteks limbah elektronik berbasis polimer konduktif membantu siswa memahami keterkaitan antara struktur ikatan terkonjugasi, proses doping redoks, dan sifat konduktivitas material secara lebih bermakna. Hasil uji t sampel independen menunjukkan bahwa perbedaan N-gain kemampuan ilmiah antara kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat signifikan ($p < 0,05$). Temuan ini sejalan dengan hasil tinjauan sistematis yang melaporkan bahwa pembelajaran kimia berbasis SSI memberikan kontribusi terbesar pada peningkatan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains siswa (Okmarisa et al., 2026), serta dengan temuan bahwa pendekatan SSI melatih siswa untuk menganalisis permasalahan dan merumuskan solusi berbasis bukti dalam pembelajaran kimia (Purwandari et al., 2024).

Meskipun demikian, peningkatan pada indikator mengomunikasikan argumen ilmiah berbasis bukti tercatat paling rendah dibandingkan ketiga indikator lainnya, baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Kondisi ini mengindikasikan bahwa menyusun argumentasi ilmiah yang utuh mengenai isu kontroversial seperti limbah elektronik berbasis polimer konduktif membutuhkan latihan yang lebih intensif dibandingkan sekadar menjelaskan fenomena atau menginterpretasi data. Temuan ini konsisten dengan laporan bahwa pembahasan isu plastik dan polimer sebagai konteks SSI menuntut scaffolding yang terstruktur agar siswa mampu mempertimbangkan berbagai perspektif secara kritis dalam argumentasinya (López-Fernández et al., 2022), serta sejalan dengan temuan bahwa keberhasilan pembelajaran berbasis SSI pada aspek argumentasi sangat bergantung pada pendampingan guru yang memadai (Fadly et al., 2022; Rahayu, 2019). Oleh karena itu, penerapan pembelajaran SSI berbasis isu polimer konduktif dalam penelitian ini perlu terus disertai scaffolding argumentasi agar peningkatan pada indikator tersebut dapat dioptimalkan pada penerapan selanjutnya.

SIMPULAN

Catatan: uraian di bawah ini menyimpulkan hasil dari data contoh ilustratif pada Tabel 1-2. Kalimat dan angka wajib disesuaikan kembali setelah data lapangan yang sebenarnya diperoleh.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, perangkat pembelajaran Socioscientific Issues (SSI) berbasis isu limbah elektronik berbasis polimer konduktif beserta instrumen tes kemampuan ilmiah dinyatakan sangat valid (rata-rata indeks Aiken's V sebesar 0,84) berdasarkan penilaian ahli, dengan sedikit revisi pada redaksi butir tes sebelum diujicobakan kepada siswa. Kedua, penerapan pembelajaran SSI pada topik polimer konduktif terbukti efektif meningkatkan kemampuan ilmiah siswa, dengan rata-rata N-gain kelas eksperimen sebesar 0,65 secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 0,30, dengan peningkatan tertinggi pada indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah, sementara indikator mengomunikasikan argumen ilmiah menunjukkan peningkatan yang relatif lebih rendah.

Temuan ini memberikan implikasi bahwa mengontekstualisasikan topik polimer konduktif dengan isu sosiosaintifik otentik seperti limbah elektronik dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan kemampuan ilmiah siswa, sekaligus menjembatani kesenjangan antara konsep kimia material yang abstrak dengan persoalan teknologi dan lingkungan yang nyata di masyarakat. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain jumlah sampel yang terbatas pada dua kelas di satu sekolah serta durasi penerapan yang relatif singkat sehingga belum dapat mengukur dampak jangka panjang terhadap kemampuan ilmiah maupun transfer kemampuan tersebut pada topik kimia lain. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas sampel pada beberapa sekolah dengan karakteristik berbeda, memperpanjang durasi penerapan, serta memberikan penekanan lebih pada strategi scaffolding argumentasi untuk mengoptimalkan peningkatan indikator argumentasi ilmiah siswa dalam menghadapi isu sosiosaintifik yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

Fadly, D., Rahayu, S., Dasna, I. W., & Yahmin, Y. (2022). The effectiveness of a SOIE strategy using socio-scientific issues on students' chemical literacy. International Journal of Instruction, 15(1), 237–258. https://doi.org/10.29333/iji.2022.15114a

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

López-Fernández, M. del M., González-García, F., & Franco-Mariscal, A. J. (2022). How can socio-scientific issues help develop critical thinking in chemistry education? A reflection on the problem of plastics. Journal of Chemical Education, 99(10), 3435–3442. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00223

Okmarisa, H., Sabila, D. E., Maharani, D., & Sari, N. (2026). Socio-scientific issues in chemistry education for improving 21st century skills: A systematic literature review. Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia, 14(1). https://doi.org/10.33394/hjkk.v14i1.19111

Purwandari, A., Deaningtyas, S. A., Faradillah, N. I., Putrikundia, S. A., & Sulistina, O. (2024). Peran pendekatan socio-scientific issue (SSI) dalam meningkatkan scientific literacy pada pembelajaran kimia. UNESA Journal of Chemical Education, 13(2), 118–128. https://doi.org/10.26740/ujced.v13n2.p118-128

Rahayu, I., Wijayati, A., & Hidayat, S. (2015). Sintesis dan karakterisasi polianilina doping asam klorida dengan metode interfasial. Jurnal Kimia VALENSI, 2(1), 74–79.

Rahayu, S. (2019). Socio-scientific issues (SSI) in chemistry education: Enhancing both students' chemical literacy & transferable skills. Journal of Physics: Conference Series, 1227(1), 012008. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1227/1/012008

Saija, M., Rahayu, S., Fajaroh, F., & Sumari. (2022). Enhancement of high school students' scientific literacy using local-socioscientific issues in OE3C instructional strategies. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 11(1), 11–23. https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.33341

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. Science Education, 89(3), 357–377. https://doi.org/10.1002/sce.20048