

Tantangan dan Peluang dalam Pendidikan Kimia Hijau Berorientasi Education for Sustainable Development (ESD) di Sekolah Menengah Atas: Studi Kasus di Kabupaten Sragen

Rina Widyawati¹, Mega Novita², Siti Patonah³, Fenny Roshayanti⁴

^{1,2,3,4}Universitas PGRI Semarang, Indonesia

¹rinawidyawati59@guru.sma.belajar.id

Abstrak

Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (ESD) memainkan peran penting dalam membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mengatasi tantangan keberlanjutan global. Namun, integrasi ESD ke dalam kurikulum mata pelajaran tertentu, seperti kimia hijau, masih belum banyak dieksplorasi, terutama di sekolah menengah. Penelitian ini membahas kesenjangan tersebut dengan mengkaji tantangan dan peluang yang terkait dengan penerapan pendidikan kimia hijau berorientasi ESD di sekolah menengah. Penelitian yang dilakukan di Kabupaten Sragen ini bertujuan untuk menilai sejauh mana prinsip-prinsip ESD dipahami dan diterapkan oleh guru kimia di kelas. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan, yang melibatkan survei, wawancara, dan analisis dokumen dengan 26 guru kimia yang dipilih secara acak sebagai partisipan. Data dianalisis melalui triangulasi untuk memastikan validitas dan reliabilitas. Temuan menunjukkan bahwa meskipun 57,7% guru mengenal ESD, hanya 53,8% yang telah mengintegrasikannya ke dalam praktik mengajar mereka. Selain itu, 80,8% responden percaya bahwa pendidikan kimia hijau yang berorientasi pada ESD sangat penting untuk menumbuhkan nilai-nilai keberlanjutan pada siswa, meskipun banyak yang menyatakan keprihatinan tentang waktu tambahan yang dibutuhkan untuk implementasinya. Kesimpulannya, meskipun ada pengakuan yang kuat tentang pentingnya ESD dalam pendidikan kimia hijau, tantangan praktis, seperti keterbatasan waktu dan pelatihan yang tidak memadai, menghambat implementasi yang efektif. Studi ini menunjukkan bahwa pengembangan profesional yang ditargetkan dan penyesuaian kurikulum diperlukan untuk sepenuhnya menyadari potensi ESD dalam meningkatkan pendidikan keberlanjutan di sekolah menengah.

Kata kunci: Kimia Hijau, Education for Sustainable Development (ESD), Pendidikan Keberlanjutan, Kurikulum Sekolah Menengah, Persepsi Guru

Pendahuluan

Pembangunan berkelanjutan (sustainable development) adalah konsep yang bertujuan meningkatkan kualitas hidup generasi sekarang dan mendatang dengan mempertimbangkan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan, konsep ini juga menekankan pada upaya untuk memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Di tengah perubahan iklim, penurunan biodiversitas, dan meningkatnya ancaman terhadap lingkungan, keberlanjutan menjadi agenda utama yang harus diperhatikan oleh berbagai pihak. Pendidikan, sebagai salah satu sektor yang berperan dalam membentuk perilaku dan pola pikir individu, memiliki potensi besar dalam memajukan keberlanjutan melalui penerapan Education for Sustainable Development (ESD). Hal ini semakin relevan di tengah tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lingkungan yang membutuhkan kesadaran kolektif dan tindakan nyata (Eliyawati et al., 2023; Emina, 2021; Glavič, 2021).

Pendidikan berperan penting dalam mempersiapkan generasi muda untuk menghadapi tantangan ini. Sejak peluncuran Global Action Programme (GAP) oleh UNESCO dalam Agenda 2030, pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan telah menjadi prioritas dalam berbagai sistem pendidikan global. ESD bertujuan untuk membekali siswa dengan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap yang memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan berkelanjutan, baik dalam kehidupan pribadi maupun profesional. Pendidikan berbasis ESD tidak hanya relevan untuk mata pelajaran yang berhubungan langsung dengan lingkungan, seperti geografi dan biologi, tetapi juga untuk mata pelajaran sains lainnya, termasuk kimia (Atmaca, 2017; O'Flaherty et al., 2018). Dalam konteks pembelajaran sains, terutama kimia, konsep ESD berfungsi sebagai landasan untuk membentuk generasi yang sadar lingkungan dan mampu berkontribusi pada keberlanjutan. Sejak munculnya konsep kimia hijau pada tahun 1990-an, pendidikan kimia hijau telah berkembang sebagai pendekatan yang menekankan penggunaan bahan dan proses yang ramah lingkungan dalam produksi industri (Murti et al., 2023; Xiong Chang et al., 2021; Zimmerman et al., n.d.). Kimia hijau adalah pendekatan dalam ilmu kimia yang menekankan pada penggunaan bahan dan proses yang lebih ramah lingkungan, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Prinsip kimia hijau ini meliputi berbagai aspek, seperti pengurangan penggunaan bahan berbahaya, efisiensi energi, serta pengelolaan limbah yang lebih baik. Dengan demikian, pendidikan kimia hijau sejalan dengan tujuan ESD dalam menciptakan masyarakat yang lebih sadar lingkungan dan tanggap terhadap tantangan keberlanjutan. Implementasi ESD dalam pembelajaran kimia tidak hanya bertujuan meningkatkan literasi lingkungan tetapi juga kemampuan berpikir kritis siswa, yang sangat diperlukan untuk menyikapi isu-isu keberlanjutan (Chen et al., 2020; Marcelino et al., 2019; Razak et al., 2022).

Di Indonesia, Penerapan Education for Sustainable Development (ESD) di sekolah menengah atas telah berkembang seiring dengan kebijakan pemerintah yang menyesuaikan kurikulum nasional, seperti Kurikulum Merdeka. Fokus utama dari kurikulum ini adalah mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam pembelajaran, dengan tujuan meningkatkan literasi lingkungan, keterampilan berpikir kritis, dan kesadaran siswa tentang tantangan global seperti perubahan iklim dan kelestarian lingkungan (Khoirunnisa & Firmansyah, 2024). Di sekolah-sekolah berbasis ESD dan sekolah Adiwiyata, implementasi ESD telah terintegrasi dalam kegiatan kurikuler dan non-kurikuler. Misalnya, mata pelajaran biologi di beberapa sekolah ESD diintegrasikan dengan konsep keberlanjutan untuk meningkatkan kesadaran siswa terhadap aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Namun, penerapan ESD dalam kurikulum masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan dalam pelatihan guru dan sumber daya yang mendukung integrasi ESD (Suprastowo, 2010). Implementasi ESD dalam kurikulum pendidikan sains, khususnya kimia, masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan pemahaman guru tentang konsep ESD dan bagaimana menerapkannya dalam pengajaran. Kabupaten Sragen, yang menjadi fokus penelitian ini, merupakan contoh wilayah di mana penerapan ESD dalam pembelajaran kimia masih kurang optimal. Meskipun sebagian besar guru kimia di kabupaten ini sudah mengenal konsep ESD, mereka belum sepenuhnya mengintegrasikannya dalam praktik pengajaran sehari-hari. Sebagian besar guru sudah mengenal konsep ESD, namun implementasinya dalam pembelajaran masih terbatas dan belum optimal (Eliyawati et al., 2023; Thoriq et al., 2023).

Artikel ini menawarkan kebaruan dengan melakukan kajian empiris terhadap penerapan pendidikan kimia hijau berorientasi ESD di sekolah menengah di Kabupaten Sragen, menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang melibatkan survei dan wawancara dengan guru kimia. Selain itu, penelitian ini tidak hanya menilai tingkat pemahaman guru tetapi juga mengidentifikasi tantangan dan strategi yang relevan untuk meningkatkan efektivitas integrasi

ESD. Pendekatan ini memberikan perspektif baru dalam mengembangkan program pelatihan dan penyesuaian kurikulum yang lebih sesuai dengan kebutuhan lokal, serta menyarankan model pengajaran yang inovatif untuk mendorong keberlanjutan dalam pendidikan kimia.

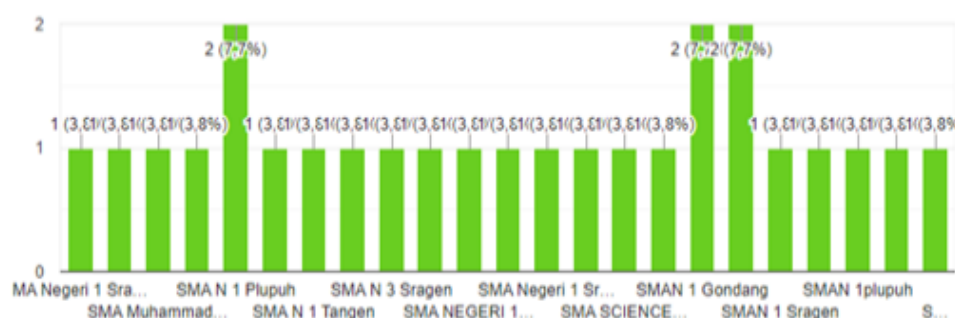
Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas maka penelitian ini bertujuan mengidentifikasi hambatan yang dihadapi serta strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas integrasi ESD dalam pembelajaran kimia, guna menciptakan sistem pendidikan yang lebih berkelanjutan dan relevan dengan tantangan masa depan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi implementasi ESD dalam pembelajaran kimia hijau di SMA Kabupaten Sragen.

Metode

Penelitian yang dilakukan adalah pendekatan kuantitatif survey dengan pengumpulan data melalui kuesioner yang dilakukan secara daring dengan membagikan angket berupa google form yang berisi pertanyaan yang mewakili 3 indikator yaitu pemahaman guru tentang ESD, Implementasi ESD dalam Materi Kimia Hijau di Kelas X, serta pembelajaran berbasis ESD pada materi kimia hijau dan kendala dalam implementasinya. Responden berjumlah 26 guru dari total 46 guru Kimia SMA yang terdaftar di MGMP Kimia Kabupaten Sragen baik SMA Negeri maupun swasta. Populasi dalam penelitian ini guru kimia Se Kabupaten dengan sampel sebanyak 61,9% dari 100% guru Kimia. Teknik pengambilan subyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah random sampling untuk mewakili pengimplikasian potensi ESD dalam pembelajaran Kimia Hijau di SMA Kabupaten Sragen. Prosedur penelitian dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap analisis data. Pada tahap persiapan ini dilakukan penyusunan instrumen yang akan dibagikan kepada responden. Instrumen yang digunakan telah divalidasi terlebih dahulu oleh ahli. Tahap pelaksanaan adalah pemberian e-kuisiioner yang dibagikan kepada anggota MGMP Kimia Se Kabupaten Sragen melalui link google dan dibagi melalui grup media social whatsapp, tahap analisis data adalah tahapan ketiga yang dilakukan dengan membuat analisis berdasar data jawaban dari responden. Data yang dikumpulkan berasal dari e-kuisiioner (google form). Teknik analisis data menggunakan teknik deskripsi analisis, yaitu teknik analisis data yang mendiskripsikan dan menganalisis hal yang menjadi fokus penelitian. Adapun teknik analisis data yang digunakan adalah model interaktif Miles and Huberman, yaitu reduksi data, penyajian data, verifikasi data, dan penarikan kesimpulan (Sugiyono, 2017).

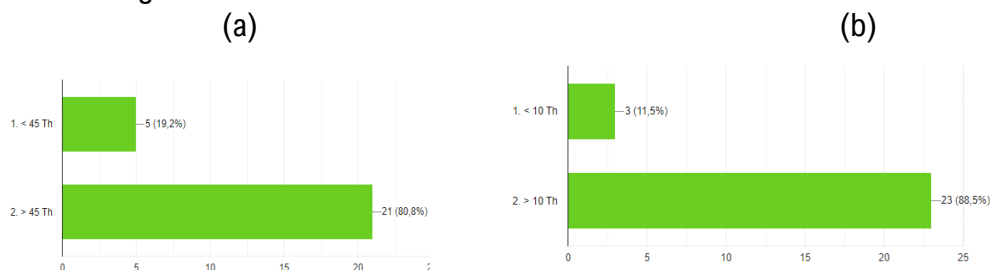
Hasil

Data penelitian diperoleh dari hasil angket yang di berikan kepada guru Kimia Se Kabupaten Sragen baik SMA negeri mapun swasta melalui e- kuisiioner, data responden tersaji pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1: Jumlah Responden dan Asal Instansinya

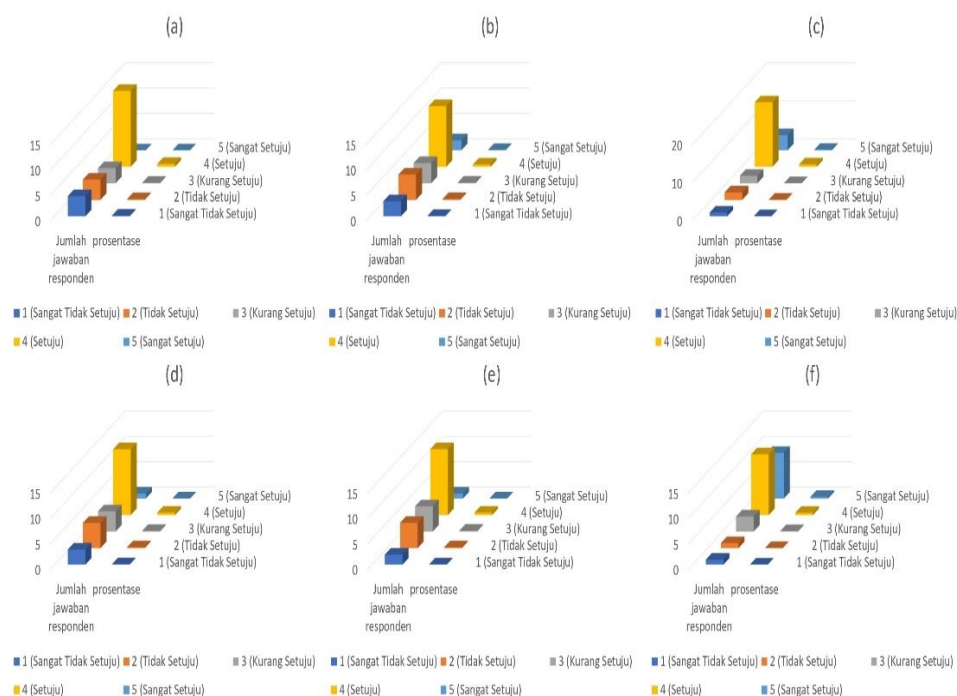
Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa responden yang mengisi angket secara online berjumlah 26 Guru yang berasal dari SMA baik negeri maupun swasta yang berada di wilayah Kabupaten Sragen, dengan total 21 guru atau 80,76% dari sekolah SMA negeri dan 5 guru atau 19,24% dari SMA swasta maupun yayasan. Usia responden pengisi angket disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut:

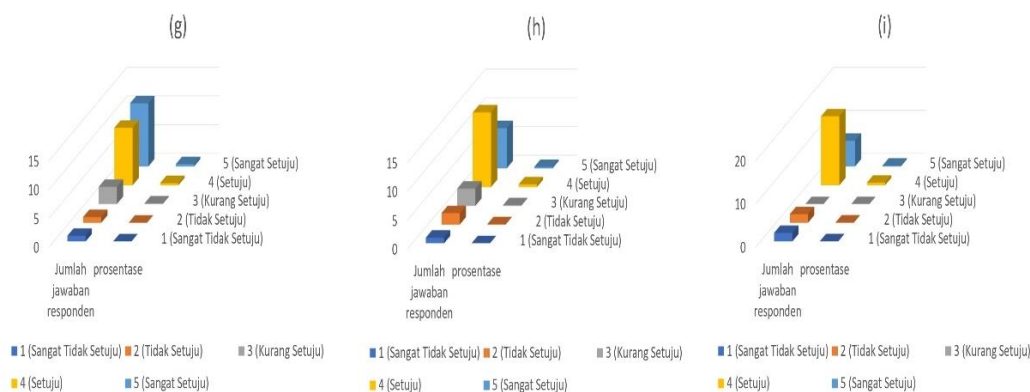


Gambar 2: Usia responden guru kimia dan pengalaman mengajar

Pada Gambar 2 (a) diperoleh jumlah responden guru kimia yang tergabung dalam MGMP kimia Kabupaten Sragen berusia lebih dari 45 tahun berjumlah 80,8% dan 19,2% berusia dibawah 45 tahun dan pengalaman kerja tersaji pada Gambar 2 (b) dengan hasil guru berpengalaman kerja lebih dari 10 tahun berjumlah 88,5% dan pengalaman kurang dari 10 tahun sejumlah 11,5%.

Angket yang dibagikan kepada responden berupa pertanyaan-pertanyaan yang merupakan interpretasi 3 indikator diantaranya pengetahuan guru kimia terhadap ESD, Integrasi ESD dalam pembelajaran, pembelajaran berbasis ESD dan kendala dalam pengimplementasiannya. Dari ketiga indikator dijabarkan kedalam 9 pertanyaan yang tiap indicator diwakili 3 pertanyaan. Hasil dari jawaban responden disajikan dalam Gambar 3 sebagai berikut:





Gambar 3. Respon Guru Kimia terhadap pembelajaran berbasis ESD

Gambar 3 (a) adalah Pemahaman guru terhadap istilah ESD, Gambar 3 (b) Implementasi kegiatan berorientasi ESD, Dari Gambar 3 (a) diperoleh data bahwa ada 57,7% guru setuju telah mengenal istilah ESD dan 15,4% sangat tidak setuju telah mengenal ESD, 15,4% tidak setuju dan 11,5% kurang setuju telah mengenal istilah ESD, hal ini menunjukkan bahwa ada lebih dari 50% guru di wilayah kabupaten Sragen telah mengenal istilah ESD tetapi masih ada lebih dari 40% guru sama sekali belum mengenal ESD dengan demikian menunjukkan ESD memang belum sepenuhnya dikenal oleh para guru di sekolah menengah atas di Kabupaten Sragen. Gambar 3 (b) diperoleh data bahwa ada 53,9% guru pernah mengimplementasikan kegiatan berorientasi ESD dalam pembelajaran dan sisanya 46,1% mengisi sangat tidak setuju, tidak setuju dan kurang setuju pernah mengimplementasikan ESD dalam pembelajaran, hal ini memberikan gambaran bahwa kegiatan berorientasi ESD di kabupaten Sragen masih tergolong rendah. Gambar 3 (c) melibatkan siswa dalam proyek atau kegiatan yang mendukung konsep keberlanjutan, diperoleh data bahwa ada 65,4% guru setuju dan 15,4% sangat setuju dalam melibatkan siswa untuk mendukung konsep keberlanjutan dan ada 3,8% sangat tidak setuju, 7,7% tidak setuju serta 7,7% kurang setuju untuk melibatkan siswa dalam pembelajaran yang mendukung keberlanjutan. Penerapan kegiatan berorientasi ESD terutama dalam kegiatan proyek sudah cukup tinggi namun juga masih ada yang sama sekali belum melaksanakan kegiatan pembelajaran berorientasi ESD pada setiap proyek yang dilakukan siswa. Gambar 3 (d) Kendala ketika melibatkan siswa dalam praktikum atau proyek yang mendukung keberlanjutan diketahui bahwa ada 50% guru setuju dan 3,8% sangat setuju jika melibatkan siswa dalam kegiatan yang mendukung konsep keberlanjutan membutuhkan waktu mengajar lebih lama, ada 11,5% sangat tidak setuju, 19,2% tidak setuju, serta ada 15,4% kurang setuju. Pada prakteknya hampir lebih dari 50% guru menjawab bahwa lamanya waktu yang dibutuhkan dalam pembelajaran menjadi alasan implementasi ESD belum maksimal dilaksanakan. Pada Gambar 3 (e) menjelaskan bahwa ada 50% responden setuju dan 3,8% sangat setuju sudah mengenal ESD dalam pembelajaran Kimia Hijau, sementara ada 19,2% kurang setuju, 19,2% tidak setuju dan 7,7% sangat tidak setuju telah mengenal ESD pada pembelajaran Kimia Hijau. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran pada materi kimia hijau yang dilaksanakan oleh para guru di Sragen ternyata masih belum sepenuhnya berorientasikan ESD. Pada Gambar 3 (f) dapat dilihat ada 46,2% setuju dan 34,6% sangat setuju bahwa ketika mengajar materi kimia hijau mengaitkan dengan isu sampah dan pengelolaannya, sementara itu ada 11,5% kurang setuju, 3,8% tidak setuju, dan 3,8% sangat tidak setuju untuk mengaitkan isu sampah dan pengelolaannya dalam mengajar materi kimia hijau. Pada Gambar 3 (g) diperoleh data responden sebanyak 38,5% guru menyatakan setuju dan 42,3% sangat setuju tentang pentingnya ESD diintegrasikan dalam pembelajaran Kimia. Sebanyak 11,5%

kurang setuju, 3,8% tidak setuju dan 3,8% sangat tidak setuju. Pada Gambar 3 (h) menunjukkan ada 50% guru setuju, 26,9% sangat setuju ESD dapat diintegrasikan dalam perangkat pembelajaran seperti modul ajar, bahan ajar, instrumen penilaian dan lainnya, ada sejumlah 3,8% guru menyatakan sangat tidak setuju, 7,7% tidak setuju dan 11,5% kurang setuju akan integrasi ESD dalam perangkat pembelajaran. Dan pada Gambar 3 (i) sebanyak 61,5% guru menyatakan setuju dan 23,1% guru sangat setuju untuk menerapkan pembelajaran berorientasi ESD sebagai bagian dari kurikulum kimia, sedangkan sejumlah 7,7% guru menyatakan kurang setuju, 7,7% guru sangat tidak setuju menerapkan pembelajaran berorientasi ESD.

Pembahasan

Data penelitian diatas menunjukkan bahwa sebagian besar guru kimia baik dari sekolah negeri maupun swasta atau yayasan masih memiliki pengetahuan yang kurang tentang ESD dan implementasinya. implementasi konsep tersebut dalam pembelajaran kimia hijau masih kurang optimal. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pemahaman teori dan praktik di lapangan. Faktor-faktor seperti keterbatasan waktu, kurangnya pelatihan, serta kurangnya bahan ajar yang mendukung integrasi ESD menjadi tantangan utama dalam pelaksanaan pendidikan berbasis keberlanjutan di kelas. Guru kimia di Kabupaten Sragen dengan pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun mengajar, juga masih terdapat 42,3% yang memiliki pemahaman kurang bahkan belum mengenal istilah ESD, pemahaman guru tentang konsep ESD sangat penting karena dengan pemahaman konsep merupakan kunci keberhasilan dalam melaksanakan pembelajaran berbasis ESD (Ardellea & Hamdu, 2022). Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) adalah kerangka kerja penting yang memandu dan memberdayakan para pendidik untuk membentuk kembali pemikiran mereka dan bergerak menuju masa depan yang berkelanjutan (Atmaca, 2017). ESD penting diintegrasikan dalam pembelajaran sebagai upaya mempertahankan kelestarian alam, social dan budaya (Erlina, 2021).

Peran utama kimia dan industri kimia untuk pembangunan berkelanjutan dalam masyarakat modern menunjukkan peran penting pendidikan kimia dalam ESD (Nuswowati et al., 2024). Salah satu tantangan utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah keterbatasan waktu yang dialokasikan untuk mengintegrasikan ESD dalam pembelajaran kimia hijau. Hasil survei menunjukkan bahwa guru merasa bahwa pelaksanaan proyek atau kegiatan yang mendukung konsep keberlanjutan membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan pengajaran tradisional. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Chen et al. (2020) keterbatasan waktu menjadi salah satu hambatan yang paling umum dalam penerapan ESD di berbagai negara. Guru sering kali merasa sulit untuk menyesuaikan kurikulum yang sudah padat dengan tambahan materi ESD tanpa mengurangi topik lain yang juga penting dalam mata pelajaran kimia. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa guru menghadapi dilema antara memenuhi tuntutan kurikulum nasional dan menerapkan ESD, yang sering kali memerlukan pendekatan pedagogis yang berbeda, seperti pembelajaran berbasis proyek, penekanan pada keterampilan berpikir kritis, dan kolaborasi antar siswa (Eilks & Linkwitz, 2022). Kurikulum yang kaku dan terstruktur sering kali tidak memberikan fleksibilitas yang diperlukan untuk menerapkan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan berkelanjutan (Aprianto & Wahyudi, 2023). Dari hasil survey diketahui bahwa 80,8% guru di kabupaten Sragen setuju jika ESD diintegrasikan dalam pembelajaran kimia serta dimasukkan dalam kurikulum dan mereka setuju untuk menerapkan pembelajaran berorientasi ESD sebagai bagian dari kurikulum kimia.

Berdasarkan wawancara dengan salah satu responden dari SMAN 1 Plupuh, Ibu Sumarwi, S.Pd mengatakan bahwa beliau telah mengenal istilah ESD tetapi implementasi dalam pembelajaran masih belum yakin apakah yang dilakukan itu sudah termasuk dalam ESD atau

belum. Meski di dalam capaian pembelajaran disebutkan istilah SGD's tetapi beliau mengungkapkan bahwa selama ini belum mendapatkan pelatihan atau diklat dalam mengimplementasikan dalam rencana pembelajaran. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia di Kabupaten Sragen, sebagian besar responden menyatakan bahwa mereka belum mendapatkan pelatihan yang memadai mengenai implementasi ESD dalam pembelajaran kimia. Pelatihan yang kurang memadai menjadi kendala signifikan dalam proses adaptasi konsep ESD ke dalam rencana pembelajaran. Beberapa guru di MGMP kimia juga menambahkan bahwa diperlukan pelatihan atau bimbingan dalam membuat rencana pembelajaran yang meintegrasikan ESD dalam materi ajar kimia, hal ini selaras dengan pendapat salah satu guru IPA yang juga mengajar materi kimia hijau di kelas X, Sutrisno, M.Pd bahwa pembelajaran dengan proyek atau kegiatan yang mendukung konsep keberlanjutan cenderung memerlukan waktu yang relative lebih lama. Guru yang kurang mendapatkan pelatihan cenderung memiliki kesulitan dalam mengintegrasikan konsep keberlanjutan ke dalam materi pelajaran mereka. pelatihan yang berfokus pada metode interdisipliner dan praktik-praktik terbaik dalam ESD sangat penting untuk membantu guru memahami cara mengajarkan konsep keberlanjutan secara efektif. Guru juga perlu dilengkapi dengan alat evaluasi yang tepat untuk mengukur dampak dari pembelajaran berbasis ESD terhadap pemahaman siswa mengenai isu-isu keberlanjutan (Clarisa et al., 2020). Kendala lain yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah kurangnya sumber daya dan materi ajar yang mendukung penerapan ESD dalam pembelajaran kimia. Meskipun konsep kimia hijau sudah mulai diintegrasikan dalam beberapa buku teks dan modul ajar, masih terdapat kekurangan dalam materi yang secara eksplisit mengaitkan konsep ini dengan ESD. Upaya untuk mendukung penerapan ESD dalam pembelajaran kimia, diperlukan modul ajar yang lebih terstruktur dan interaktif, yang mencakup contoh-contoh nyata dari industri dan kehidupan sehari-hari (Marcelino et al., 2019). Hal ini menjadi tantangan tersendiri karena tidak semua guru memiliki keterampilan atau waktu yang cukup untuk merancang materi ajar yang sesuai dengan prinsip ESD. Pengembangan modul ajar berbasis ESD membutuhkan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, sekolah, dan organisasi non-pemerintah yang bergerak di bidang pendidikan.

Meskipun terdapat tantangan dalam penerapan ESD, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar guru kimia di Kabupaten Sragen menyadari pentingnya pendidikan berbasis keberlanjutan. Sebanyak 80,8% guru setuju bahwa pendidikan kimia hijau yang berorientasi pada ESD sangat penting untuk menumbuhkan nilai-nilai keberlanjutan pada siswa hal ini dikarenakan kesadaran akan isu-isu keberlanjutan merupakan langkah pertama yang penting dalam penerapan ESD di sekolah. Guru-guru yang terlibat dalam penelitian ini juga menunjukkan minat untuk belajar lebih banyak tentang bagaimana mengintegrasikan konsep keberlanjutan dalam pembelajaran mereka. Peningkatan kesadaran ini dapat menjadi modal awal yang baik bagi sekolah untuk mulai menerapkan program pelatihan berkelanjutan dan mengembangkan materi ajar yang lebih relevan dengan konsep ESD.

Pemerintah Indonesia, melalui berbagai kebijakan pendidikan, telah menekankan pentingnya pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, dalam rangka mensukseskan program pemerintah yang selaras dengan UNESCO dalam mencapai tujuan SGD's maka seluruh guru termasuk guru IPA diharuskan memiliki kompetensi ESD (Eliyawati et al., 2023). Dukungan ini dapat dimanfaatkan oleh sekolah-sekolah di Kabupaten Sragen untuk mengajukan program pelatihan dan pengembangan profesional bagi para guru. Selain itu, kerjasama antara sekolah, universitas, dan organisasi non-pemerintah juga dapat menjadi peluang untuk memperkaya materi ajar dan metode pembelajaran berbasis ESD. Sebagai contoh, kolaborasi dengan universitas dapat membuka peluang bagi guru untuk mengikuti pelatihan dan lokakarya tentang kimia hijau dan ESD, sementara organisasi non-pemerintah dapat menyediakan sumber daya

dan alat bantu pembelajaran yang relevan. Kompetensi guru dalam mengajarkan ESD sangat dipengaruhi oleh pelatihan yang mereka terima, penerapan ESD dalam proses pembelajaran Kimia Hijau yang dilakukan guru memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan tingkat pengetahuan guru pada ESD. Selaras dengan pendidikan berkelanjutan maka diharapkan melalui pembelajaran kimia hijau dapat mengusahakan proses-proses kimia yang lebih ekonomis karena biaya produksi dan regulasi yang lebih rendah, efisien dalam penggunaan energi, pengurangan limbah produksi, pengurangan kecelakaan, produk yang lebih aman, tempat kerja dan komunitas yang lebih sehat, perlindungan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, dan mendapatkan keunggulan yang kompetitif atas produk yang dihasilkan (Ivanković, 2017).

Pendidikan kimia merupakan salah satu bidang pendidikan yang dapat berkontribusi positif atau negatif dalam pembangunan berkelanjutan (Al Idrus et al., 2020). Kontribusi negatif yang bisa ditimbulkan adalah ketika penerapannya dalam pembelajaran tidak menerapkan prinsip ramah lingkungan, sementara kontribusi positifnya salah satu contohnya adalah penanaman konsep dan aplikasi dalam kimia hijau. Implementasi pembelajaran berorientasi ESD dalam materi kimia hijau di SMA di Kabupaten Sragen memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan pemahaman, keterlibatan, kemampuan kritis, dan kesadaran siswa tentang isu-isu lingkungan. Penerapan konsep ESD dalam pembelajaran, dapat membentuk generasi muda yang peka terhadap isu lingkungan lingkungan, social budaya, dan ekonomi sehingga akan siap melawan tantangan global dimasa yang akan datang (Amelia, 2021). Dengan memasukkan prinsip-prinsip ESD ke dalam praktik pengajaran mereka, guru dapat menginspirasi siswa untuk menjadi kontributor aktif dalam pembangunan berkelanjutan (Istiningsih, 2020). Melalui pemahaman yang lebih baik, siswa akan lebih termotivasi untuk berkontribusi pada praktik-praktik berkelanjutan di masa depan, baik di dunia kerja maupun dalam kehidupan sehari-hari. Meskipun menghadapi beberapa tantangan, pendekatan dengan mengimplementasikan ESD ini berkontribusi pada pembentukan generasi yang sadar lingkungan dan berkomitmen terhadap pembangunan berkelanjutan (Vioeza et al., 2023).

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis ESD sangat dibutuhkan untuk dapat diimplementasikan di pembelajaran kimia hijau sebagai salah satu upaya mempertahankan kelestarian alam, sosial dan budaya. Hal ini dapat menciptakan kepekaan siswa akan isu-isu lingkungan dan menentukan langkah kedepan untuk generasi selanjutnya (Płonka et al., 2022). Salah satu pendekatan yang dapat diambil untuk mengatasi tantangan waktu dan keterbatasan materi ajar adalah dengan mengembangkan modul ajar berbasis proyek (project-based learning) yang mendukung konsep kimia hijau dan ESD. Dengan menggunakan pendekatan ini, guru dapat mengintegrasikan berbagai topik kimia hijau, seperti pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan bahan-bahan ramah lingkungan, ke dalam kegiatan pembelajaran yang lebih interaktif. Selain itu, metode pembelajaran berbasis proyek juga memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, bekerja sama dalam tim, dan merancang solusi inovatif untuk masalah-masalah keberlanjutan. Hal ini sejalan dengan tujuan utama ESD, yaitu membentuk generasi muda yang mampu berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan di masa depan. Sekolah dapat mengembangkan kurikulum yang memasukkan elemen pembelajaran berorientasi ESD dalam materi kimia hijau ini, dapat mencakup pengembangan modul pembelajaran yang menekankan isu-isu lingkungan, social budaya serta ekonomi dalam konsep keberlanjutan dan dalam aspek lain dalam pembelajaran kimia.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif survey yang melibatkan 26 guru kimia di Kabupaten Sragen sebagai responden. Meskipun pendekatan ini memberikan wawasan mendalam terkait pemahaman dan tantangan yang dihadapi oleh guru, keterbatasan jumlah sampel dapat mempengaruhi generalisasi temuan. Hasil penelitian mungkin tidak sepenuhnya

mencerminkan kondisi di seluruh wilayah atau sekolah menengah lainnya di Indonesia. Selain itu, metode pengumpulan data yang dilakukan secara daring melalui survei dan wawancara online mungkin kurang optimal dalam menangkap dinamika kelas secara langsung dan lebih kontekstual. Selain itu, penelitian ini tidak secara ekstensif mengeksplorasi faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi implementasi ESD, seperti dukungan dari pemerintah daerah, akses terhadap sumber daya pendukung, dan keterlibatan pemangku kepentingan lainnya seperti orang tua dan komunitas sekolah. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya penelitian lanjutan dengan metode yang lebih komprehensif dan sampel yang lebih luas untuk mendapatkan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai implementasi ESD di sekolah menengah atas.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan potensi yang signifikan untuk mengimplementasikan Education for Sustainable Development (ESD) dalam pendidikan kimia hijau di sekolah menengah atas di Kabupaten Sragen. Pengenalan dan adopsi parsial ESD di kalangan guru kimia menunjukkan kesiapan untuk mengintegrasikan keberlanjutan ke dalam kurikulum, namun masih ada kesenjangan dalam pemahaman komprehensif dan penerapan praktis. Untuk mengatasi tantangan ini, sangat penting untuk menyempurnakan kurikulum kimia dengan memasukkan modul terstruktur yang secara eksplisit memasukkan prinsip-prinsip ESD, menumbuhkan literasi lingkungan dan keterampilan berpikir kritis di kalangan siswa. Selain itu, program pengembangan profesional harus diimplementasikan untuk membekali para pendidik dengan alat dan strategi yang diperlukan untuk secara efektif mengintegrasikan ESD ke dalam praktik pengajaran mereka, memastikan bahwa generasi masa depan dipersiapkan dengan baik untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

References

- Al Idrus, S. W., Purwoko, A. A., Hadisaputra, S., & Junaidi, E. (2020). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Lingkungan Berbasis Green Chemistry Pada Mata Kuliah Kimia Lngkungan. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(5), 541–547. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i5.2171>
- Amelia, H. (n.d.). View of Analisis kebutuhan instrumen penilaian sikap berbasis education for sustainable development di sekolah dasar.
- Aprianto, D., & Wahyudi, A. (2023). Integrasi Manajemen Kurikulum , Dan Teknologi Pendidikan Dalam. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 6(3), 4414–4424.
- Ardellea, F., & Hamdu, G. (n.d.). Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan Pentingnya Kemampuan Guru Sekolah Dasar dalam Mengembangkan Soal Tes Literasi dan Numerasi Berbasis Education for Sustainable Development (ESD). <https://doi.org/10.47709/educendikia.v2i2.1587>
- Atmaca, Ç. (2017). Effects of Contextual Factors on ESD in Teacher Education. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 8(2), 77–93. <https://doi.org/10.1515/dcse-2017-0017>
- Chen, M., Jeronen, E., & Wang, A. (2020). What lies behind teaching and learning green chemistry to promote sustainability education? A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–24. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217876>
- Clarisa, G., Danawan, A., Muslim, M., & Wijaya, A. F. C. (2020). Penerapan Flipped Classroom dalam Konteks ESD untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Membangun Sustainability Awareness Siswa. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(1), 13.

- <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i1.8953>
- Diah Murti, A., & Hernani, H. (2023). The contributing of chemistry learning in supporting education for sustainable development: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.24114/jpkim.v15i1.41233>
- Eilks, I., & Linkwitz, M. (2022). Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100662>
- Eliyawati, E., Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H. (n.d.). MERANCANG PROGRAM PELATIHAN GURU YANG DAPAT MENGEMBANGKAN KOMPETENSI GURU IPA DALAM MENGAJARKAN ESD.
- Eliyawati, Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H. (2023). The Development and Validation of an Instrument for Assessing Science Teacher Competency to Teach ESD. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su15043276>
- Emina, K. A. (2021). SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND THE FUTURE GENERATIONS. *Social Sciences, Humanities and Education Journal (SHE Journal)*, 2(1), 57. <https://doi.org/10.25273/she.v2i1.8611>
- Erlina, N. (2021). Kesiapan Calon Guru IPA dalam Pengembangan Rencana Pembelajaran Berbasis Education for Sustainable Development. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 4(2), 142–150. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v4i2.39740>
- Glavič, P. (2021). Evolution and current challenges of sustainable consumption and production. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13169379>
- Istiningsih. (2020). Integrasi Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (PPB) dalam Pendidikan Guru di Asia Tenggara: Sebuah Panduan bagi Pendidik (Team Grafika Indah (ed.); 01 ed.). CV. Grafika Indah .
- Ivanković, A. (2017). Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 6(3), 39. <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20170603.12>
- Khoirunnisa, I. R. S., & Firmansyah, A. (2024). Konsep Pendidikan Berkelanjutan Dalam Kurikulum Pendidikan Dasar Dan Menengah: Suatu Tinjauan. *Jurnalku*. <http://jurnalku.org/index.php/jurnalku/article/view/675>
- Marcelino, L., Sjöström, J., & Marques, C. A. (2019). Socio-problematization of green chemistry: Enriching systems thinking and social sustainability by education. *Sustainability (Switzerland)*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/su11247123>
- Nuswowati, M., Harjito, Jabbar, A., & Taufiq, M. (2024). Bahan Ajar Kimia Lingkungan, Terintegrasi Kompetensi Education for Sustainable Development (ESD) (M. Nasrudin (ed.)). PT Nasya Expanding Management.
- O’Flaherty, J., & Liddy, M. (2018). The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research. *Environmental Education Research*, 24(7), 1031–1049. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1392484>
- Płonka, A., Dacko, M., Satoła, Ł., & Dacko, A. (2022). The Idea of Sustainable Development and the Possibilities of Its Interpretation and Implementation. *Energies*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/en15155394>
- Razak, A. A., Ramdan, M. R., Mahjom, N., Zabit, M. N. M., Muhammad, F., Hussin, M. Y. M., & Abdullah, N. L. (2022). Improving critical thinking skills in teaching through problem-based learning for students: A scoping review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research. International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21, 342–362.

- <https://www.ijlter.net/index.php/ijlter/article/view/1263/1269>
- Sugiyono. (2017). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. ALFABETA.
- Suprastowo, P. (2010). Kebijakan dan Implementasi Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development/ESD). *Jurnal Penelitian Kebijakan Pendidikan*, 9. http://www.yplhc.org/konsep_desd.php.
- Thoriq, A., & Mahmudah, F. N. (2023). Education for Sustainable Development (Esd): a Systematic Literature Review on Curriculum Development Strategy Design. *European Journal of Education Studies*, 10(5), 201–223. <https://doi.org/10.46827/ejes.v10i5.4803>
- Vioeza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi Dan Peluang Penerapannya Pada Kurikulum Merdeka? *EUREKA: Journal of Educational Research and Practice*, 1(1), 34–47. <https://doi.org/10.56773/eureka.v1i1>.
- Xiong Chang, X., Mujawar Mubarak, N., Ali Mazari, S., Sattar Jatoy, A., Ahmad, A., Khalid, M., Walvekar, R., Abdullah, E. C., Karri, R. R., Siddiqui, M. T. H., & Nizamuddin, S. (2021). A review on the properties and applications of chitosan, cellulose and deep eutectic solvent in green chemistry. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 104, 362–380. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.08.033>
- Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (n.d.). Designing for a green chemistry future. <http://science.sciencemag.org/>
- . *Sustainability (Switzerland)*, 15(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su15043276>
- Emina, K. A. (2021). SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND THE FUTURE GENERATIONS. *Social Sciences, Humanities and Education Journal (SHE Journal)*, 2(1), 57. <https://doi.org/10.25273/she.v2i1.8611>
- Erlina, N. (2021). Kesiapan Calon Guru IPA dalam Pengembangan Rencana Pembelajaran Berbasis Education for Sustainable Development. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 4(2), 142–150. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v4i2.39740>
- Glavič, P. (2021). Evolution and current challenges of sustainable consumption and production. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13169379>
- Istiningsih. (2020). Integrasi Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (PPB) dalam Pendidikan Guru di Asia Tenggara: Sebuah Panduan bagi Pendidik (Team Grafika Indah (ed.); 01 ed.). CV. Grafika Indah .
- Ivanković, A. (2017). Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 6(3), 39. <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20170603.12>
- Marcelino, L., Sjöström, J., & Marques, C. A. (2019). Socio-problematization of green chemistry: Enriching systems thinking and social sustainability by education. *Sustainability (Switzerland)*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/su11247123>
- O’Flaherty, J., & Liddy, M. (2018). The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research. *Environmental Education Research*, 24(7), 1031–1049. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1392484>
- Płonka, A., Dacko, M., Satoła, Ł., & Dacko, A. (2022). The Idea of Sustainable Development and the Possibilities of Its Interpretation and Implementation. *Energies*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/en15155394>
- Razak, A. A., Ramdan, M. R., Mahjom, N., Zabit, M. N. M., Muhammad, F., Hussin, M. Y. M., & Abdullah, N. L. (2022). Improving critical thinking skills in teaching through problem-based learning for students: A scoping review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. *International Journal of Learning, Teaching and*

- Educational Research, 21, 342–362.
<https://www.ijlter.net/index.php/ijlter/article/view/1263/1269>
- Sugiyono. (2017). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. ALFABETA.
- Thoriq, A., & Mahmudah, F. N. (2023). Education for Sustainable Development (Esd): a Systematic Literature Review on Curriculum Development Strategy Design. *European Journal of Education Studies*, 10(5), 201–223. <https://doi.org/10.46827/ejes.v10i5.4803>
- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi Dan Peluang Penerapannya Pada Kurikulum Merdeka? *EUREKA: Journal of Educational Research and Practice*, 1(1), 34–47. <https://doi.org/10.56773/eureka.v1i1>.
- Xiong Chang, X., Mujawar Mubarak, N., Ali Mazari, S., Sattar Jatoy, A., Ahmad, A., Khalid, M., Walvekar, R., Abdullah, E. C., Karri, R. R., Siddiqui, M. T. H., & Nizamuddin, S. (2021). A review on the properties and applications of chitosan, cellulose and deep eutectic solvent in green chemistry. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 104, 362–380. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.08.033>
- Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (n.d.). Designing for a green chemistry future. <http://science.sciencemag.org/>