



Transformative STEAM Learning in Thermochemistry: Exploring Students' Green mindset and Sustainability awareness

Transformative STEAM Learning pada Materi Termokimia: Eksplorasi Green mindset dan Sustainability awareness Siswa

Ria Pertiwi¹, Sintya Asiah²

Universitas Tjut Nyak Dhien, Indonesia

Email : ria@utnd.ac.id

Abstract

This study aims to explore students' green mindset and sustainability awareness through the implementation of Transformative STEAM Learning in thermochemistry instruction. This study employed an exploratory qualitative approach involving 15 students. Data were collected through classroom observations, semi-structured interviews, students' written reflections, and learning activity documentation. The learning process integrated the components of Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics through contextual projects linking thermochemical concepts with sustainable energy and everyday phenomena. The findings indicate that Transformative STEAM Learning enhanced students' engagement, critical thinking skills, and environmental awareness. Students were able to relate energy changes and thermochemical reactions to energy use, emissions, resource management, and environmentally friendly practices. In addition, they demonstrated a deeper understanding of the importance of sustainable energy in addressing global environmental challenges. In conclusion, Transformative STEAM Learning has the potential to serve as an innovative strategy in chemistry education, particularly in thermochemistry, because it supports scientific conceptual understanding while fostering students' green mindset and sustainability awareness.

Keywords: *green mindset; STEAM education; transformative learning; sustainability awareness; thermochemistry*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi green mindset dan sustainability awareness siswa melalui penerapan *Transformative STEAM Learning* pada materi termokimia. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif dengan melibatkan 15 siswa. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, refleksi tertulis siswa, dan dokumentasi kegiatan pembelajaran. Proses pembelajaran mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics* melalui proyek kontekstual yang menghubungkan konsep termokimia dengan energi berkelanjutan dan fenomena kehidupan sehari-hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Transformative STEAM Learning* meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, serta kesadaran terhadap isu lingkungan. Siswa mampu menghubungkan perubahan energi dan reaksi termokimia dengan penggunaan energi, emisi, pengelolaan sumber daya, dan praktik ramah lingkungan. Selain itu, siswa menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pentingnya energi berkelanjutan dalam menghadapi tantangan lingkungan global. Kesimpulannya, *Transformative STEAM Learning* berpotensi menjadi strategi inovatif dalam pembelajaran kimia, khususnya termokimia, karena tidak hanya mendukung pemahaman konsep ilmiah tetapi juga menumbuhkan green mindset dan sustainability awareness siswa.

Kata kunci: *green mindset; pendidikan STEAM; pembelajaran transformatif; sustainability awareness; termokimia*



PENDAHULUAN

Pendidikan di abad ke-21 membutuhkan pendekatan pembelajaran yang melampaui sekadar penguasaan konsep; pendekatan ini menekankan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemahaman tentang tantangan keberlanjutan. Dalam bidang pendidikan sains, khususnya kimia, fokusnya harus pada pengembangan kemampuan siswa untuk menghubungkan konsep ilmiah dengan isu-isu lingkungan praktis. Topik-topik seperti perubahan iklim, krisis energi, dan penurunan lingkungan global menyoroti pentingnya memasukkan pendidikan keberlanjutan dalam kurikulum sekolah. Dengan demikian, integrasi sustainability education dalam pelajaran kimia semakin penting untuk membina generasi yang sadar lingkungan dan memiliki perspektif hijau (Leal Filho dkk., 2019).

Materi termokimia secara intrinsik terkait dengan kekhawatiran mengenai energi, efisiensi panas, emisi karbon, dan adopsi alternatif energi berkelanjutan. Namun demikian, pengajaran termokimia di lingkungan pendidikan umumnya bergantung pada metode tradisional yang memprioritaskan hafalan konsep, persamaan reaksi, dan solusi matematika. Pendekatan ini seringkali membuat siswa memahami termokimia secara abstrak, sehingga mencegah mereka mengaitkannya dengan topik lingkungan dan keberlanjutan praktis yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari (Rahmawati dkk., 2021). Akibatnya, pengalaman belajar seperti itu tidak cukup menumbuhkan *sustainability awareness* maupun kepedulian siswa terhadap isu energi dan lingkungan.

Baru-baru ini, metodologi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) telah muncul sebagai strategi pendidikan inovatif yang dirancang untuk mempromosikan keterampilan penting abad ke-21 melalui pembelajaran praktis dan berbasis proyek. Kerangka kerja STEAM dianggap efektif dalam meningkatkan kreativitas siswa, kemampuan pemecahan masalah, dan partisipasi aktif dalam upaya ilmiah (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Selain itu, penggabungan unsur-unsur artistik ke dalam STEAM dapat membantu siswa memahami konsep-konsep ilmiah dengan cara yang lebih berpusat pada manusia, reflektif, dan kontekstual. Bersamaan dengan itu, pembelajaran transformatif semakin banyak diterapkan dalam pengajaran sains untuk mendorong pergeseran perspektif, kesadaran kritis, dan pertimbangan komprehensif terhadap masalah sosial dan lingkungan (Mezirow, 2018).



Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pembelajaran berorientasi STEAM dapat meningkatkan literasi ilmiah dan kreativitas siswa (Herro dkk., 2019; Liao, 2016). Penelitian lain telah mengkonfirmasi bahwa sustainability education mampu menumbuhkan kesadaran lingkungan dan perilaku pro-lingkungan di kalangan pelajar (Biasutti & Frate, 2017). Namun, terdapat kekurangan penelitian yang secara khusus membahas integrasi *Transformative STEAM Learning* dengan tema keberlanjutan dalam termokimia, khususnya yang berfokus pada eksplorasi *green mindset* dan *sustainability awareness* siswa SMA. Sebagian besar penelitian sebelumnya sebagian besar berpusat pada peningkatan hasil pembelajaran kognitif dan keterampilan proses sains, yang menyebabkan kurangnya investigasi mendalam tentang bagaimana pandangan siswa terhadap isu-isu lingkungan dapat diubah.

Mengingat konteks ini, terdapat research gap yang signifikan mengenai eksplorasi *Transformative STEAM Learning* dalam termokimia yang bertujuan untuk secara komprehensif menumbuhkan *green mindset* dan *sustainability awareness* siswa secara holistik. Kontribusi unik dari penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan transformative learning, STEAM, dan sustainability education dalam pembelajaran termokimia melalui aktivitas kontekstual terkait energi berkelanjutan dan isu lingkungan global. Strategi ini menekankan tidak hanya perolehan pengetahuan ilmiah, tetapi juga pergeseran yang diperlukan dalam pemikiran siswa mengenai keterkaitan antara sains, teknologi, lingkungan, dan keberlanjutan.

Urgensi dari penelitian ini berasal dari kebutuhan untuk menumbuhkan karakteristik berkelanjutan pada siswa sejak usia muda, yang difasilitasi oleh pendidikan kimia yang menarik yang membahas isu-isu global. Kombinasi pendidikan termokimia dengan *Transformative STEAM Learning* diharapkan mampu menawarkan pengalaman pendidikan yang reflektif, kooperatif, dan kontekstual. Pendekatan ini dimaksudkan tidak hanya untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang prinsip-prinsip energi tetapi juga untuk menumbuhkan kesadaran ekologis dan rasa tanggung jawab terhadap lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk mengeksplorasi *green mindset* dan *sustainability awareness* siswa melalui penerapan *Transformative STEAM Learning* dalam topik termokimia di tingkat pendidikan menengah.



Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana implementasi *Transformative STEAM Learning* pada materi termokimia dalam pembelajaran kimia di SMA?
2. Bagaimana *Transformative STEAM Learning* dapat membangun *green mindset* siswa pada materi termokimia?
3. Bagaimana *Transformative STEAM Learning* memengaruhi *sustainability awareness* siswa terhadap isu energi dan lingkungan?
4. Bagaimana respons dan refleksi siswa terhadap pembelajaran termokimia berbasis *Transformative STEAM Learning*?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif desain eksploratif untuk memahami secara mendalam proses terbentuknya *green mindset* dan *sustainability awareness* siswa melalui penerapan *Transformative STEAM Learning* pada materi termokimia. Keputusan untuk mengadopsi pendekatan kualitatif didasarkan pada penekanan penelitian pada investigasi pengalaman belajar, pergeseran perspektif, refleksi, dan makna yang dibangun siswa sepanjang perjalanan pendidikan mereka. Desain eksploratif memfasilitasi peneliti dalam memperoleh pemahaman kontekstual tentang reaksi siswa dan kesadaran mereka mengenai tantangan keberlanjutan dalam konteks pendidikan kimia (Creswell & Creswell, 2018).

Penelitian ini dilakukan di SMA Pencawan Medan selama satu bulan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Sampel terdiri dari 15 siswa kelas sebelas, yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Kriteria pemilihan peserta meliputi keterlibatan aktif mereka dalam pembelajaran termokimia berbasis proyek dan kesiapan mereka untuk berpartisipasi dalam semua aspek penelitian. Teknik *purposive sampling* digunakan karena mampu membantu peneliti memperoleh informan yang sesuai dengan tujuan eksplorasi penelitian kualitatif (Sugiyono, 2022).

Implementasi *Transformative STEAM Learning* dilakukan melalui pembelajaran berbasis proyek kontekstual yang mengintegrasikan aspek *Science, Technology, Engineering, Arts*, dan *Mathematics* dengan isu energi berkelanjutan dan lingkungan. Siswa didorong untuk menyelidiki fenomena termokimia yang ada dalam kehidupan sehari-hari mereka, merancang solusi dasar yang mendorong efisiensi energi, menciptakan produk inovatif yang berakar pada



prinsip-prinsip termokimia, dan merenungkan dampak konsumsi energi terhadap ekosistem. Pendekatan transformative learning dilakukan melalui latihan reflektif, diskusi analitis, dan eksplorasi pengalaman pendidikan yang mendorong perubahan sudut pandang siswa tentang masalah keberlanjutan (Mezirow, 2018).

Metode pengumpulan data meliputi observasi, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi, dan refleksi tertulis dari siswa. Teknik observasi digunakan untuk menilai keterlibatan siswa, dinamika kolaborasi, dan tanggapan mereka sepanjang proses pendidikan. Wawancara semi-terstruktur bertujuan untuk menggali pandangan siswa mengenai interaksi antara termokimia, konteks lingkungan, dan keberlanjutan. Dokumentasi yang terdiri dari foto-foto kegiatan, lembar kerja, dan hasil proyek siswa berfungsi sebagai bukti tambahan untuk penelitian ini. Refleksi tertulis digunakan untuk memastikan perubahan kesadaran, sikap, dan pemahaman siswa mengenai topik keberlanjutan. Penggunaan beberapa metode pengumpulan data meningkatkan kedalaman dan keandalan temuan penelitian melalui triangulasi sumber dan teknik (Miles dkk., 2020).

Instrumen penelitian meliputi lembar observasi untuk kegiatan siswa, skrip wawancara semi-terstruktur, formulir refleksi untuk siswa, dan dokumentasi pembelajaran. Lembar observasi dibuat berdasarkan kriteria yang berkaitan dengan keterlibatan belajar siswa, upaya kolaboratif, kesadaran lingkungan, dan kemampuan berpikir kritis. Skrip wawancara dirancang untuk menyelidiki pengalaman pendidikan siswa dan perubahan sikap terhadap isu-isu keberlanjutan. Selain itu, formulir refleksi digunakan untuk mengumpulkan wawasan tentang interpretasi siswa terhadap pembelajaran yang telah mereka ikuti.

Metode analisis data menggunakan kerangka analisis interaktif yang dikembangkan oleh Miles, Huberman, dan Saldaña, yang mencakup tiga proses utama: reduksi data, presentasi data, dan penarikan kesimpulan (Miles dkk., 2020). Selama fase reduksi data, peneliti terlibat dalam memilih, mengklasifikasikan, dan menyederhanakan data yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan refleksi siswa. Presentasi data berbentuk narasi deskriptif untuk meningkatkan interpretasi hasil penelitian. Setelah itu, kesimpulan dicapai secara bertahap dan berulang dengan menunjukkan pola, tema, dan hubungan di antara data yang relevan dengan perkembangan *green mindset* dan *sustainability awareness* siswa. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi teknik, triangulasi sumber, dan *member checking* untuk memastikan konsistensi serta validitas temuan penelitian (Lincoln & Guba, 2018).



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Analisis data yang diperoleh melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, refleksi tertulis siswa, dan dokumentasi pembelajaran menghasilkan empat tema utama. Keempat tema tersebut meliputi: (1) peningkatan keterlibatan belajar melalui pembelajaran kontekstual, (2) terbentuknya *green mindset*, (3) berkembangnya *sustainability awareness*, dan (4) transformasi perspektif siswa terhadap pembelajaran termokimia. Tema-tema tersebut menunjukkan bahwa penerapan *Transformative STEAM Learning* tidak hanya memengaruhi aktivitas belajar siswa di kelas, tetapi juga mendorong perubahan cara berpikir mereka dalam memahami energi, lingkungan, dan relevansi termokimia dalam kehidupan sehari-hari.

Tema 1. Peningkatan Keterlibatan Belajar melalui Pembelajaran Kontekstual

Hasil observasi menunjukkan bahwa penerapan *Transformative STEAM Learning* mendorong keterlibatan siswa yang lebih aktif selama proses pembelajaran. Keterlibatan tersebut terlihat dari keberanian siswa dalam mengajukan pertanyaan, menyampaikan pendapat, berdiskusi dengan teman sekelompok, serta bekerja sama dalam menyelesaikan proyek yang berkaitan dengan persoalan energi. Berbeda dengan pembelajaran termokimia yang umumnya berpusat pada penjelasan rumus dan penyelesaian soal, kegiatan pembelajaran dalam penelitian ini memberikan ruang kepada siswa untuk menghubungkan konsep energi dengan persoalan nyata di lingkungan sekitar.

Tabel 1. Indikator Keterlibatan Siswa selama Pembelajaran

Indikator	Temuan
Partisipasi diskusi	Mayoritas siswa aktif bertanya dan berargumentasi
Kolaborasi	Siswa berbagi peran dalam kelompok
Problem solving	Siswa mengusulkan solusi terkait energi
Kreativitas	Muncul berbagai ide inovatif dalam proyek
Refleksi	Siswa mampu mengevaluasi pembelajaran

Sumber: Peneliti (2026)

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, keterlibatan siswa paling menonjol ketika mereka terlibat dalam proyek yang membahas masalah energi secara kontekstual. Dalam kegiatan tersebut, siswa tidak hanya diminta memahami konsep perubahan kalor atau reaksi eksoterm dan endoterm, tetapi juga mengaitkannya dengan penggunaan energi di rumah, sekolah, serta dampaknya terhadap lingkungan. Situasi ini membuat siswa lebih terdorong



untuk berpartisipasi karena mereka melihat bahwa materi termokimia memiliki hubungan dengan pengalaman yang dekat dengan kehidupan mereka.

Hal tersebut tercermin dari pernyataan S7 yang menyampaikan, “Biasanya termokimia cuma hitung-hitungan, tapi sekarang saya jadi paham kenapa energi itu penting untuk lingkungan.” Pernyataan ini menunjukkan bahwa pembelajaran kontekstual membantu siswa memandang termokimia tidak hanya sebagai materi yang berisi rumus dan perhitungan, tetapi juga sebagai pengetahuan yang berkaitan dengan persoalan lingkungan. Dengan demikian, keterlibatan siswa muncul karena mereka mulai memahami makna dan manfaat konsep yang dipelajari.

Pengalaman belajar yang lebih aktif juga dirasakan oleh S3. Siswa tersebut menyatakan, “Belajar seperti ini lebih seru karena ada praktik dan diskusi, jadi tidak bosan.” Pernyataan tersebut menggambarkan bahwa kegiatan praktik, diskusi, dan kerja kelompok menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menarik. Siswa tidak lagi hanya menerima penjelasan dari guru, melainkan terlibat secara langsung dalam proses menemukan, mendiskusikan, dan merefleksikan konsep. Oleh karena itu, pembelajaran kontekstual dalam *Transformative STEAM Learning* mampu meningkatkan keterlibatan siswa secara kognitif, sosial, dan emosional.

Tema 2. Terbentuknya *Green Mindset*

Analisis hasil wawancara dan refleksi siswa menunjukkan adanya perubahan pola pikir dalam memandang penggunaan energi. Sebelum mengikuti pembelajaran, sebagian besar siswa memahami energi sebatas sebagai kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya untuk menyalakan lampu, menggunakan pendingin ruangan, atau mengoperasikan perangkat elektronik. Namun, siswa belum banyak mempertimbangkan bahwa penggunaan energi yang berlebihan dapat menimbulkan konsekuensi bagi lingkungan.

Tabel 2. Indikator *Green Mindset* Siswa

Aspek	Sebelum Pembelajaran	Setelah Pembelajaran
Pemahaman energi	Sebatas kebutuhan	Terkait dampak lingkungan
Efisiensi energi	Kurang diperhatikan	Menjadi perhatian
Energi ramah lingkungan	Belum familiar	Mulai dipahami

Sumber: Peneliti (2026)

Tabel 2 memperlihatkan adanya pergeseran pola pikir siswa menuju pemahaman yang lebih berkelanjutan. Setelah pembelajaran berlangsung, siswa mulai menyadari bahwa energi



tidak dapat dipisahkan dari isu lingkungan. Mereka mulai mempertimbangkan pentingnya penggunaan energi secara hemat, efisien, dan bertanggung jawab. Selain itu, siswa juga mulai mengenal gagasan mengenai energi ramah lingkungan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi dampak negatif terhadap alam.

Perubahan tersebut terlihat dalam pernyataan S10 yang mengatakan, “Saya baru sadar kalau boros listrik berarti juga berdampak ke lingkungan.” Kutipan ini menunjukkan bahwa siswa mulai memahami hubungan antara kebiasaan pribadi dan dampak ekologis yang lebih luas. Kesadaran tersebut penting karena sebelumnya penggunaan listrik kemungkinan hanya dipahami sebagai persoalan kebutuhan atau biaya, sedangkan setelah pembelajaran siswa mampu melihat adanya konsekuensi lingkungan dari perilaku konsumsi energi.

Senada dengan itu, S12 menyampaikan, “Sekarang saya lebih mikir sebelum pakai energi berlebihan.” Pernyataan ini menunjukkan bahwa pembelajaran tidak hanya menghasilkan pemahaman konseptual, tetapi juga mendorong refleksi terhadap kebiasaan sehari-hari. Siswa mulai menunjukkan kecenderungan untuk mempertimbangkan penggunaan energi secara lebih bijak. Dengan demikian, *green mindset* yang terbentuk dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai perubahan pola pikir siswa yang mulai memasukkan pertimbangan lingkungan dalam pengambilan keputusan sederhana terkait penggunaan energi.

Tema 3. Berkembangnya *Sustainability Awareness*

Tema berikutnya berkaitan dengan berkembangnya kesadaran siswa terhadap isu keberlanjutan. Hasil refleksi dan wawancara menunjukkan bahwa siswa mulai menghubungkan konsep termokimia dengan persoalan yang lebih luas, seperti krisis energi, emisi karbon, dan pemanasan global. Kesadaran ini muncul setelah siswa memperoleh kesempatan untuk mendiskusikan dampak reaksi kimia, perubahan energi, serta penggunaan bahan bakar dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 3. Manifestasi *Sustainability Awareness*

Indikator	Evidensi
Kesadaran isu global	Siswa mengaitkan termokimia dengan global warming
Kepedulian lingkungan	Muncul keinginan menghemat energi
Tanggung jawab personal	Siswa merefleksikan kebiasaan sehari-hari

Sumber: Peneliti (2026)

Berdasarkan Tabel 3, *sustainability awareness* siswa terlihat melalui kemampuan mereka dalam mengaitkan materi termokimia dengan isu global dan tindakan personal. Siswa



mulai menyadari bahwa pembelajaran kimia tidak hanya menjelaskan fenomena reaksi atau perubahan energi, tetapi juga dapat digunakan untuk memahami persoalan lingkungan yang sedang dihadapi masyarakat dunia. Kesadaran tersebut menunjukkan perkembangan pada aspek kognitif karena siswa mampu memahami hubungan antarkonsep, serta aspek afektif karena muncul kepedulian terhadap lingkungan.

Salah satu bentuk perubahan tersebut terlihat dari pernyataan S4, “Saya tidak pernah menghubungkan kalor dengan global warming sebelumnya.” Pernyataan ini memperlihatkan bahwa sebelum pembelajaran, siswa memandang konsep kalor sebagai bagian dari materi sains yang berdiri sendiri. Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran, siswa mulai memahami bahwa perubahan energi dan penggunaan bahan bakar memiliki kaitan dengan persoalan pemanasan global. Artinya, pembelajaran telah membantu siswa memperluas pemahamannya dari tingkat konseptual menuju konteks sosial dan lingkungan.

Pemahaman yang lebih luas juga tampak dalam pernyataan S15, “Ternyata reaksi kimia bisa berhubungan dengan emisi karbon juga.” Kutipan tersebut menunjukkan bahwa siswa mulai melihat keterkaitan antara reaksi kimia, penggunaan energi, dan emisi karbon. Kesadaran ini mengindikasikan bahwa siswa tidak lagi mempelajari termokimia secara terpisah dari persoalan kehidupan nyata. Sebaliknya, mereka mulai memahami bahwa konsep-konsep kimia dapat digunakan untuk menjelaskan berbagai tantangan keberlanjutan yang terjadi di sekitar mereka.

Tema 4. Transformasi Perspektif terhadap Termokimia

Tema terakhir menunjukkan adanya transformasi dalam cara siswa memandang materi termokimia. Sebelum penerapan *Transformative STEAM Learning*, sebagian siswa menganggap termokimia sebagai materi yang sulit, abstrak, dan didominasi oleh rumus. Persepsi tersebut membuat siswa cenderung berfokus pada hafalan konsep serta penyelesaian perhitungan tanpa memahami keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari.

Tabel 4. Perubahan Perspektif Siswa terhadap Termokimia

Sebelum	Sesudah
Sulit dan abstrak	Kontekstual dan bermakna
Fokus rumus	Fokus aplikasi nyata
Pasif	Aktif dan reflektif

Sumber: Peneliti (2026)

Tabel 4 menunjukkan bahwa siswa mengalami perubahan perspektif terhadap termokimia setelah mengikuti proses pembelajaran. Materi yang sebelumnya dianggap abstrak

open access article under the [CC BY-SA](#) license. Copyright © 2026 by Author | 163



mulai dipahami sebagai konsep yang dapat ditemukan dalam berbagai aktivitas sehari-hari, seperti penggunaan bahan bakar, pemanfaatan listrik, proses memasak, dan persoalan emisi energi. Perubahan ini terjadi karena siswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga mengamati, mendiskusikan, dan menerapkannya melalui proyek yang relevan dengan isu keberlanjutan.

Pernyataan S2, “Dulu saya pikir termokimia cuma rumus entalpi,” menggambarkan persepsi awal siswa yang cenderung sempit terhadap materi termokimia. Bagi siswa, termokimia sebelumnya hanya dipahami sebagai kumpulan rumus yang harus dihafal dan digunakan dalam perhitungan. Namun, pengalaman belajar berbasis proyek dan masalah nyata mendorong siswa untuk melihat materi tersebut dari sudut pandang yang lebih luas.

Perubahan cara pandang tersebut diperkuat oleh pernyataan S9, “Sekarang saya tahu konsep ini ada di kehidupan sehari-hari.” Pernyataan ini menunjukkan bahwa siswa telah mampu menemukan relevansi termokimia dalam konteks nyata. Dengan memahami keterkaitan antara konsep ilmiah dan kehidupan sehari-hari, siswa menjadi lebih aktif, reflektif, dan terbuka dalam mempelajari kimia. Oleh karena itu, transformasi perspektif ini menunjukkan bahwa *Transformative STEAM Learning* berhasil menjadikan pembelajaran termokimia lebih bermakna sekaligus relevan dengan isu keberlanjutan.

Pembahasan Penelitian

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Transformative STEAM Learning* pada materi termokimia mampu menghadirkan pembelajaran yang lebih aktif, reflektif, kontekstual, dan berorientasi pada keberlanjutan. Pembahasan berikut disusun berdasarkan empat pertanyaan penelitian, yaitu implementasi pembelajaran, pembentukan *green mindset*, perkembangan *sustainability awareness*, serta respons dan refleksi siswa terhadap pembelajaran termokimia.

Implementasi Transformative STEAM Learning pada Materi Termokimia

Pertanyaan penelitian pertama berfokus pada implementasi *Transformative STEAM Learning* dalam pembelajaran termokimia di SMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran dilakukan melalui proyek kontekstual yang mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics* dengan isu energi berkelanjutan. Dalam proses tersebut, siswa tidak hanya mempelajari konsep kalor, perubahan entalpi, reaksi eksoterm, dan reaksi endoterm secara teoritis, tetapi juga menghubungkannya



dengan penggunaan energi, emisi karbon, efisiensi energi, serta persoalan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari.

Unsur *Science* tampak dalam kegiatan memahami konsep-konsep termokimia dan perubahan energi. Unsur *Technology* terlihat melalui pemanfaatan media, sumber informasi, atau penyajian gagasan terkait energi berkelanjutan. Unsur *Engineering* diwujudkan melalui kegiatan merancang atau mengusulkan solusi terhadap persoalan penggunaan energi. Selanjutnya, unsur *Arts* memberikan ruang bagi siswa untuk mengomunikasikan gagasan secara kreatif melalui desain proyek, poster, atau bentuk visual lainnya. Sementara itu, unsur *Mathematics* digunakan dalam memahami perhitungan dan hubungan kuantitatif yang berkaitan dengan energi. Integrasi tersebut menjadikan pembelajaran tidak berhenti pada penyelesaian soal, melainkan berkembang menjadi proses eksplorasi masalah dan pencarian solusi.

Temuan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa keterlibatan siswa meningkat melalui diskusi, kolaborasi, pemecahan masalah, kreativitas, dan refleksi. Aktivitas ini menunjukkan bahwa pembelajaran telah memberi kesempatan kepada siswa untuk berperan sebagai subjek aktif dalam membangun pemahamannya. Kondisi tersebut sejalan dengan Perignat dan Katz-Buonincontro (2019) yang menjelaskan bahwa STEAM merupakan pendekatan integratif yang menghubungkan berbagai disiplin ilmu melalui pemecahan masalah autentik dan kegiatan kreatif. Dalam konteks penelitian ini, masalah energi dan lingkungan menjadi jembatan yang membantu siswa memahami termokimia secara lebih dekat dengan realitas kehidupan.

Keterlibatan siswa juga dapat dipahami sebagai bentuk berkembangnya *student agency*, yaitu kemampuan siswa untuk terlibat, mengambil peran, menyampaikan ide, dan berkontribusi dalam proses belajar. Herro et al. (2019) menekankan bahwa aktivitas STEAM dapat mendorong kreativitas melalui kerja kolaboratif, eksplorasi ide, serta proses menghasilkan solusi. Temuan penelitian ini memperlihatkan kondisi yang serupa, karena siswa tidak hanya menerima materi dari guru, tetapi terlibat dalam diskusi dan proyek yang menuntut mereka berpikir, bekerja sama, dan mengomunikasikan gagasan.

Selain itu, implementasi pembelajaran yang mengangkat persoalan energi dan lingkungan membuat konsep termokimia lebih mudah dipahami secara kontekstual. Rahmawati et al. (2021) menyatakan bahwa pembelajaran kimia kontekstual dapat membantu siswa menghubungkan konsep kimia dengan isu keberlanjutan. Hal tersebut juga diperkuat



oleh Fitriani et al. (2025) yang mengembangkan modul termokimia berbasis *Project-Based Learning* untuk literasi perubahan iklim. Dengan demikian, implementasi *Transformative STEAM Learning* pada penelitian ini menunjukkan bahwa termokimia dapat diajarkan melalui pengalaman belajar yang menggabungkan pemahaman konsep, proyek, kreativitas, refleksi, dan isu keberlanjutan.

Peran Transformative STEAM Learning dalam Membangun Green Mindset Siswa

Pertanyaan penelitian kedua berkaitan dengan bagaimana *Transformative STEAM Learning* membangun *green mindset* siswa pada materi termokimia. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan pola pikir siswa dari pemahaman energi yang semula hanya berorientasi pada kebutuhan sehari-hari menjadi pemahaman yang turut mempertimbangkan dampak ekologis. Sebelum pembelajaran, siswa cenderung melihat listrik, bahan bakar, dan energi sebagai sarana untuk menunjang aktivitas. Setelah mengikuti pembelajaran, siswa mulai memahami bahwa penggunaan energi yang berlebihan dapat berkaitan dengan konsumsi sumber daya, emisi, dan dampak terhadap lingkungan.

Perubahan tersebut terlihat pada Tabel 2, terutama melalui meningkatnya perhatian siswa terhadap efisiensi energi dan energi ramah lingkungan. Temuan ini menunjukkan bahwa *green mindset* tidak hanya berkaitan dengan pengetahuan mengenai lingkungan, tetapi juga mencerminkan perubahan cara berpikir dalam mempertimbangkan konsekuensi ekologis dari tindakan sehari-hari. Ketika siswa mulai menyadari bahwa pemborosan listrik dapat berdampak terhadap lingkungan, mereka telah menunjukkan adanya hubungan antara pemahaman konsep energi dan tanggung jawab ekologis.

Dalam perspektif *Transformative Learning*, perubahan tersebut dapat dipahami sebagai *perspective transformation*. Mezirow (2018) menjelaskan bahwa pembelajaran transformatif terjadi ketika individu merefleksikan asumsi yang sebelumnya diterima begitu saja, kemudian membangun pemaknaan baru berdasarkan pengalaman, dialog, dan refleksi kritis. Dalam penelitian ini, kegiatan diskusi mengenai energi, proyek kontekstual, serta refleksi tertulis memberikan ruang bagi siswa untuk mempertanyakan kebiasaan penggunaan energi yang sebelumnya dianggap biasa. Dengan demikian, siswa tidak hanya memperoleh informasi baru, tetapi juga mulai mengevaluasi pola pikir dan tindakan pribadinya.

Temuan ini sejalan dengan Biasutti dan Frate (2017) yang menempatkan sikap terhadap pembangunan berkelanjutan sebagai aspek yang mencakup dimensi pengetahuan, sikap, dan



kecenderungan perilaku. Dalam penelitian ini, perubahan *green mindset* terlihat dari munculnya perhatian siswa terhadap penggunaan energi secara lebih hemat dan bertanggung jawab. Artinya, pembelajaran termokimia tidak hanya membantu siswa memahami perubahan energi sebagai konsep ilmiah, tetapi juga membantu mereka menafsirkan penggunaan energi dari perspektif lingkungan.

Keterkaitan antara pembelajaran kimia dan keberlanjutan juga diperkuat oleh Anastas dan Zimmerman (2018), yang menegaskan kontribusi kimia berkelanjutan terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Dalam konteks pendidikan, gagasan tersebut dapat diterjemahkan melalui pembelajaran kimia yang tidak hanya membahas proses dan produk kimia, tetapi juga dampaknya terhadap manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, *Transformative STEAM Learning* dapat dipandang sebagai pendekatan yang relevan untuk membangun *green mindset* melalui pengaitan konsep termokimia dengan isu efisiensi energi dan keberlanjutan.

Pengaruh Transformative STEAM Learning terhadap Sustainability Awareness Siswa

Pertanyaan penelitian ketiga membahas bagaimana *Transformative STEAM Learning* memengaruhi *sustainability awareness* siswa terhadap isu energi dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa mulai menghubungkan konsep termokimia dengan isu yang lebih luas, seperti pemanasan global, emisi karbon, penggunaan bahan bakar, dan krisis energi. Berdasarkan Tabel 3, kesadaran tersebut muncul dalam bentuk kemampuan siswa mengaitkan konsep kalor dan reaksi kimia dengan persoalan lingkungan global, keinginan untuk menghemat energi, serta refleksi terhadap kebiasaan pribadi.

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa *sustainability awareness* berkembang pada dua dimensi. Pertama, pada dimensi kognitif, siswa mulai memahami keterkaitan antara perubahan energi, reaksi kimia, penggunaan bahan bakar, dan emisi karbon. Kedua, pada dimensi afektif, siswa menunjukkan kepedulian terhadap lingkungan dan mulai mempertimbangkan tindakan sederhana, seperti menghemat penggunaan listrik. Dengan kata lain, kesadaran keberlanjutan tidak hanya muncul sebagai pengetahuan mengenai isu lingkungan, tetapi juga sebagai kesediaan untuk merefleksikan tanggung jawab pribadi.

Hasil ini relevan dengan kerangka *Education for Sustainable Development* yang menempatkan pendidikan sebagai sarana untuk membangun pengetahuan, keterampilan, nilai, dan tindakan yang diperlukan dalam menghadapi tantangan keberlanjutan. UNESCO (2020)



menekankan bahwa pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan perlu mendorong peserta didik untuk memahami keterhubungan masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan serta bertindak secara bertanggung jawab. Dalam penelitian ini, pengaitan termokimia dengan isu energi dan emisi membuka kesempatan bagi siswa untuk melihat bahwa konsep kimia memiliki keterkaitan langsung dengan persoalan global.

Leal Filho et al. (2016) juga menekankan pentingnya pembelajaran berorientasi proyek dalam mengoperasionalkan pendidikan keberlanjutan. Melalui kegiatan proyek, siswa dapat belajar mengidentifikasi masalah, mendiskusikan alternatif solusi, bekerja sama, dan merefleksikan konsekuensi dari suatu tindakan. Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa proyek berbasis energi berkelanjutan memberi pengalaman konkret kepada siswa untuk memahami isu lingkungan melalui sudut pandang kimia.

Selain itu, Fitriani et al. (2025) menunjukkan bahwa pembelajaran termokimia berbasis proyek dapat diintegrasikan dengan literasi perubahan iklim. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa materi termokimia memiliki potensi kuat untuk menjadi konteks pembelajaran keberlanjutan. Konsep perubahan kalor, pembakaran, penggunaan bahan bakar, dan efisiensi energi dapat digunakan untuk membantu siswa memahami hubungan antara aktivitas manusia, penggunaan energi, dan dampak lingkungan. Dengan demikian, *Transformative STEAM Learning* tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi termokimia, tetapi juga memperkuat kesadaran mereka sebagai individu yang memiliki tanggung jawab ekologis.

Respons dan Refleksi Siswa terhadap Pembelajaran Termokimia Berbasis Transformative STEAM Learning

Pertanyaan penelitian keempat berfokus pada respons dan refleksi siswa terhadap pembelajaran termokimia berbasis *Transformative STEAM Learning*. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan perspektif siswa terhadap termokimia. Sebelum pembelajaran, materi termokimia dipersepsikan sebagai materi yang abstrak, sulit, serta berpusat pada rumus dan perhitungan entalpi. Setelah mengikuti pembelajaran, siswa mulai melihat termokimia sebagai materi yang kontekstual, relevan, dan berkaitan dengan berbagai fenomena kehidupan sehari-hari.

Perubahan tersebut sebagaimana terlihat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa siswa tidak lagi memosisikan termokimia hanya sebagai materi hafalan. Mereka mulai memahami bahwa



konsep energi dapat ditemukan dalam penggunaan listrik, pembakaran bahan bakar, aktivitas memasak, pemanfaatan teknologi, dan persoalan emisi. Dengan demikian, pembelajaran berbasis *Transformative STEAM Learning* membantu siswa membangun makna baru terhadap termokimia melalui pengalaman belajar yang dekat dengan realitas mereka.

Respons positif siswa terhadap praktik, diskusi, dan proyek juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang melibatkan pengalaman langsung dapat meningkatkan kebermaknaan belajar. Pertiwi et al. (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berbasis masalah dan konteks dapat mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis. Dalam penelitian ini, aktivitas mengidentifikasi persoalan energi, mendiskusikan dampak lingkungan, serta mengembangkan gagasan solusi turut mendorong siswa untuk berpikir lebih analitis dan reflektif.

Kehadiran unsur *Arts* dalam pembelajaran juga memiliki peran penting. Liao (2016) menjelaskan bahwa integrasi seni dalam STEAM membantu mengembangkan pendekatan pembelajaran yang bersifat interdisipliner hingga transdisipliner. Dalam konteks penelitian ini, unsur seni memungkinkan siswa mengekspresikan pemahaman dan gagasan keberlanjutan secara kreatif, misalnya melalui rancangan poster, kampanye, visualisasi solusi, atau penyajian proyek. Aktivitas tersebut membuat siswa tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga belajar mengomunikasikan pemikirannya kepada orang lain.

Secara keseluruhan, respons dan refleksi siswa menunjukkan bahwa *Transformative STEAM Learning* telah membantu mengubah pembelajaran termokimia dari aktivitas yang berpusat pada rumus menjadi pengalaman belajar yang lebih aktif, kreatif, dan reflektif. Perubahan perspektif tersebut penting karena menunjukkan bahwa siswa mampu melihat kimia sebagai ilmu yang memiliki relevansi dengan kehidupan sehari-hari dan masa depan lingkungan.

Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, penelitian ini memperluas pemahaman mengenai integrasi *Transformative Learning*, STEAM Education, dan Sustainability Education dalam pembelajaran kimia. Kebaruan penelitian terletak pada eksplorasi proses perubahan cara berpikir siswa, khususnya dalam pembentukan *green mindset* dan *sustainability awareness* melalui materi termokimia. Berbeda dari sejumlah penelitian STEAM yang lebih banyak menekankan hasil belajar kognitif, kreativitas, atau keterampilan berpikir kritis, penelitian ini



menunjukkan bahwa pembelajaran STEAM juga dapat mendorong perubahan pada dimensi nilai, kepedulian lingkungan, dan perspektif siswa terhadap energi.

Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa guru kimia perlu merancang pembelajaran termokimia yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan rumus dan perhitungan. Guru dapat mengaitkan materi dengan isu energi, emisi karbon, efisiensi energi, perubahan iklim, serta alternatif energi berkelanjutan. Proyek kontekstual, diskusi kritis, refleksi tertulis, dan produk kreatif dapat digunakan sebagai strategi untuk membantu siswa memahami konsep sekaligus membangun kepedulian ekologis. Dengan pendekatan tersebut, pembelajaran kimia dapat berkontribusi dalam membentuk siswa yang memiliki literasi sains, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta tanggung jawab terhadap keberlanjutan.

KESIMPULAN

Penerapan *Transformative STEAM Learning* pada materi termokimia terbukti mampu menciptakan pembelajaran kimia yang lebih kontekstual, reflektif, dan bermakna dalam mendukung pengembangan *green mindset* serta *sustainability awareness* siswa. Melalui integrasi aspek *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics* dengan isu energi berkelanjutan, siswa tidak hanya mengalami peningkatan keterlibatan belajar, kreativitas, dan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga menunjukkan transformasi perspektif terhadap hubungan antara konsep termokimia dan permasalahan lingkungan global. Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuannya mengintegrasikan penguasaan konsep kimia dengan pembentukan kesadaran ekologis dan karakter berkelanjutan secara holistik. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah partisipan yang terbatas, konteks penelitian yang hanya dilakukan pada satu sekolah, serta durasi implementasi yang relatif singkat sehingga belum mampu menangkap perubahan jangka panjang pada perilaku siswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan partisipan yang lebih luas, konteks sekolah yang lebih beragam, serta durasi implementasi yang lebih panjang agar dapat mengeksplorasi dampak transformasi yang lebih mendalam. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat integrasi antara *Transformative Learning*, STEAM Education, dan Sustainability Education dalam pembelajaran sains. Secara praktis, hasil penelitian memberikan implikasi bahwa guru kimia perlu merancang pembelajaran yang menghubungkan konsep ilmiah dengan isu keberlanjutan agar pembelajaran tidak hanya berorientasi pada capaian kognitif, tetapi juga



mampu membentuk generasi yang memiliki literasi sains, tanggung jawab ekologis, dan kesiapan menghadapi tantangan abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2018). The United Nations sustainability goals: How can sustainable chemistry contribute? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 150–153. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.017>
- Biasutti, M., & Frate, S. (2017). A validity and reliability study of the attitudes toward sustainable development scale. *Environmental Education Research*, 23(2), 214–230. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1146660>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Fitriani, F., Haryanti, N. H., Yunus, R., Sholahuddin, A., Irhasyuarna, Y., & Sukmana, M. L. Q. (2025). Validitas modul termokimia berbasis *project-based learning* (PjBL) untuk literasi perubahan iklim. *Journal of Banua Science Education*, 6(2), 94–106.
- Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2019). Co-measuring creativity in STEAM activities. *Educational Action Research*, 27(3), 488–503. <https://doi.org/10.1080/09650792.2019.1567991>
- Leal Filho, W., Shiel, C., & Paço, A. (2016). Implementing and operationalising integrative approaches to sustainability in higher education: The role of project-oriented learning. *Journal of Cleaner Production*, 133, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.079>
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Mezirow, J. (2018). *Transformative learning theory*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315305581>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (4th ed.). Sage Publications.
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). Enhancing critical thinking skills through STEM problem-based contextual learning: An integrated e-module education website with virtual experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739–766.
- Rahmawati, Y., Ridwan, A., & Nurbaity, N. (2021). Contextual chemistry learning for sustainability development in secondary education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), Article 012165. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012165>
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kualitatif*. Alfabeta.
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO Publishing.