



## Integrasi Mitigasi Bencana Global Warming pada Materi Pembakaran Hidrokarbon melalui Pendekatan RBL-STEAM

Annida Nurul Shabrina\*, Bhakti Karyadi

Pascasarjana Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan, Universitas Bengkulu, Jl Wr Supratman, Bengkulu, Indonesia

\* Corresponding Author e-mail: [annidanurulshabrina@gmail.com](mailto:annidanurulshabrina@gmail.com)

### Sejarah Artikel

Diterima: 04-11-2023

Direvisi: 10-12-2023

Dipublikasi: 20-12-2023

### Kata kunci:

hidrokarbon, mitigasi, pemanasan global, pembakaran

### Abstrak

Tujuan utama dari tulisan ini adalah mendesain atau merancang pembelajaran mitigasi bencana global warming pada pembelajaran kimia. Bencana yang dibahas merupakan bencana global warming yang merupakan hasil dari peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggundulan hutan dan penggunaan bahan bakar fosil. Pengintegrasian mitigasi ke dalam pembelajaran kimia dilakukan dengan menganalisis Kompetensi Dasar (KD) 3.3 dan 4.3 Kurikulum 2013 (K-13) mengenai pembakaran hidrokarbon dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif yang didukung oleh tinjauan pustaka. Hasil analisis dengan KD 3.3 dan 4.3 yaitu perancangan suatu pembelajaran dengan menggunakan pendekatan RBL-STEAM. Strategi pembelajaran yang digunakan adalah pembuatan maket taman mini oleh siswa. Siswa dapat mendesain maket taman mini menggunakan bantuan komputer atau internet. Siswa juga mengambil keputusan dalam mitigasi bencana global warming dengan *machine learning*. Kesimpulan yang diperoleh yaitu Analisis konsep mengenai pembakaran hidrokarbon menunjukkan hubungannya dengan perubahan iklim, efek rumah kaca, siklus karbon, dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan. Desain pembelajaran mengintegrasikan model *Research-Based Learning* (RBL) dengan pendekatan STEAM (Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika) untuk memfasilitasi pemahaman peserta didik terhadap perubahan iklim, dampak pembakaran hidrokarbon, serta upaya mitigasi bencana.

## *Application of Team Based Learning Model to Improve 21st Century Skills for Chemistry Teacher Candidate Students*

### Article History

Received: 04-11-2023

Revised: 10-12-2023

Published: 20-12-2023

### Keywords:

hydrocarbons, mitigation, global warming, combustion

### Abstract

The paper aims to design a learning program to mitigate the impacts of global warming in the field of chemistry. The focus is on the consequences of increased greenhouse gas emissions caused by human activities, including deforestation and the use of fossil fuels. The program aims to equip learners with relevant skills and knowledge to address the issue effectively. The process of integrating mitigation into chemistry education involves analyzing Basic Competencies (KD) 3.3 and 4.3 of the 2013 Curriculum (K-13) with respect to hydrocarbon combustion using a qualitative descriptive method and a literature review. The outcome of this analysis is the development of a lesson plan utilizing the RBL-STEAM framework. The learning tactic employed is creating mini garden mockups by the students. Students can use computer or internet assistance to design miniature park models and make decisions regarding mitigating global warming disasters with machine learning. The analysis concludes that hydrocarbon combustion relates to climate change, the greenhouse effect, the carbon cycle, and its effects on the environment and health. The learning design integrates the *Research-Based Learning* (RBL) model with the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) in order to enhance students' comprehension of climate change, the consequences of hydrocarbon combustion, and measures for disaster mitigation.

**How to Cite:** Shabrina, A., & Karyadi, B. (2023). Integrasi Mitigasi Bencana Global Warming pada Materi Pembakaran Hidrokarbon melalui Pendekatan RBL-STEAM. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(6), 995-1009. doi:<https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i6.9911>

 <https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i6.9911>

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



## PENDAHULUAN

Global warming mengacu pada fenomena suhu permukaan bumi yang meningkat rata-rata sebagai konsekuensi dari peningkatan emisi gas rumah kaca ke atmosfer. Perubahan Iklim, seperti yang dinyatakan oleh Annisa et al. (2022), menunjukkan pergeseran pola iklim yang berlaku di seluruh dunia. Sementara satu wilayah mungkin mengalami kenaikan suhu, yang lain mungkin mengalami efek pendinginan yang anomali. Akibatnya, interaksi rumit antara arus dingin dan hangat yang dipicu oleh perubahan iklim ini menimbulkan fenomena cuaca yang ditandai dengan pola curah hujan yang tidak teratur, fluktuasi suhu yang ekstrim, dan perubahan substansial dalam arah angin (Iles dkk, 2023).

Kejadian global warming ini disebabkan adanya penyerapan baik permukaan maupun udara di bumi yang berasal dari sinar inframerah, sinar tersebut dihasilkan dari perubahan energi panas yang ditimbulkan oleh radiasi sinar matahari menuju ke atmosfer bumi sehingga dapat meningkatkan temperature rata-rata permukaan bumi (Hermon, 2021). Pemicu naiknya gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) biasanya akibat dari aktivitas manusia dalam pemakaian kendaraan bermotor yang berlebihan, industri perdagangan pabrik, penebangan pohon secara liar, dan pemakaian AC dengan berlebihan (Pratama, 2019).

Data dari LAPAN menunjukkan bahwa suhu permukaan bumi telah memanas sejak 150 tahun terakhir. Fenomena ini dibuktikan dengan naiknya permukaan air laut, perpindahan zona iklim, dan mudarnya massa es alpine (Iles dkk, 2023). Data terkini dari Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) menunjukkan bahwa suhu global rata-rata pada tahun 2022 akan sekitar 1,1 derajat Celcius lebih tinggi daripada di era pra-industri. Peningkatan suhu ini disebabkan oleh perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, khususnya konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), yang telah mencapai lebih dari 415 bagian per juta pada tahun 2022, tertinggi dalam jutaan tahun (Ma dkk, 2022). Hal yang sama juga dikemukakan oleh Panel Antarpemerintah dalam laporan terbarunya tentang perubahan iklim (IPCC) yang menunjukkan bahwa pemanasan global telah menyebabkan kenaikan permukaan laut yang lebih cepat daripada yang diperkirakan sebelumnya, menimbulkan ancaman bagi daerah pesisir dan miliaran orang yang tinggal di sana (Lempert, 2022).

Perubahan iklim telah berdampak negatif pada produksi pertanian, menyebabkan ketidakstabilan pasokan pangan dan menimbulkan ancaman bagi ketahanan pangan global (Orsetti dkk, 2022). Selain itu, pelepasan gas rumah kaca telah berkontribusi terhadap polusi udara, mengakibatkan peningkatan penyakit pernapasan dan kondisi kesehatan lainnya (Vandyck dkk, 2022). Dampak-dampak yang ditimbulkan ini tentunya harus diatasi dengan tindakan konkret. Pendidikan formal merupakan sektor strategis yang dapat dimanfaatkan untuk mensosialisasikan permasalahan global warming. Pendidikan formal di sekolah memainkan peran penting dalam mengajarkan mitigasi terhadap bencana pemanasan global dan membentuk kesadaran dan tindakan generasi mendatang tentang masalah lingkungan (Lamanauskas & Makarskaite, 2023).

Memasukkan materi global warming dalam kurikulum pendidikan serta penerapan model pembelajaran yang cocok merupakan langkah yang tepat untuk memberikan pemahaman dan pendidikan global warming kepada peserta didik (Annisa dkk, 2022). Beberapa pendidikan formal di berbagai negara telah menerapkan mitigasi dalam pendidikan formal. Swedia telah

berhasil mengintegrasikan mata pelajaran Studi Lingkungan yang membahas energi, limbah, dan aspek keberlanjutan lainnya (Lamanauskas & Makarskaite, 2023). Norwegia telah menerapkan konsep *Eco-Schools*, yang memberi label sekolah berdasarkan upaya keberlanjutan mereka dan mendorong partisipasi siswa dalam proyek lingkungan (Sharafi dkk, 2022).

Di Amerika Serikat, program Sekolah Hijau telah aktif dalam mengurangi dampak lingkungan, menggunakan energi terbarukan, dan mendidik siswa tentang keberlanjutan (Zunaidah dkk, 2023). Pentingnya pencegahan bencana dan mitigasi terhadap perubahan iklim akibat global warming telah menjadi isu global yang mendesak. Bencana alam seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dan badai semakin sering terjadi, sementara perubahan iklim akibat global warming terus mempengaruhi ekosistem dan kehidupan manusia. Oleh karena itu, penerapan aksi mitigasi yang efektif dalam upaya pencegahan bencana menjadi sangat penting (Umairah dkk, 2023).

Mata pelajaran kimia terkait erat dengan global warming akibat emisi gas rumah kaca. Studi kimia sangat penting dalam memahami dampak pembakaran hidrokarbon pada perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca. Konsep-konsep kimia yang relevan dalam konteks ini mencakup reaksi pembakaran hidrokarbon yang menghasilkan gas-gas seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Filimonova & Mayorov, 2023). Peningkatan  $\text{CO}_2$  dapat mengganggu ekosistem atmosfer dan berkontribusi pada kenaikan suhu global. Penggunaan bahan bakar fosil, seperti minyak dan batu bara, serta proses pembakaran hidrokarbon lainnya, merupakan fokus utama dalam kaitan dengan perubahan iklim (Satish dkk, 2020).

Integrasi mitigasi bencana global warming kedalam pelajaran kimia dapat mengembangkan pemahaman peserta didik yang lebih baik tentang dampak proses kimia terhadap perubahan iklim dan bagaimana kimia dapat berkontribusi untuk mengurangi global warming (Wissinger dkk, 2021). Penerapan pembelajaran tentang mitigasi bencana global warming pada pelajaran kimia, di harapkan peserta didik dapat mengetahui kondisi darurat yang di alami oleh dunia seperti saat ini, bagaimana bersikap terhadap lingkungannya dan mampu memahami proses mitigasi bencana tersebut. Pembelajaran mitigasi bencana sebagai tindakan meminimalisir risiko terjadinya global warming, dan tentunya diharapkan dapat diimplementasikan oleh pihak sekolah seperti program menanam pohon secara berkesinambungan (Hadi, 2022).

Salah satu pendekatan yang dapat diambil dalam pencegahan bencana adalah melalui pendidikan dan kesadaran, dengan model Pendekatan yang digunakan adalah RBL yang terintegrasi dengan STEAM. Model pembelajaran RBL-STEAM penting untuk pembelajaran mitigasi bencana global warming karena mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, menganalisis situasi, dan mengembangkan solusi terhadap permasalahan yang terkait dengan bencana. Model ini menggabungkan media pembelajaran berbasis masalah, dengan pendekatan ilmiah untuk mengajar, yang meningkatkan pengalaman belajar dan membuatnya lebih menarik dan efektif (Fortuna dkk, 2023). Menggunakan pendekatan ini, guru dapat melibatkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran yang interaktif dan kreatif. Guru dapat mengajar tentang pentingnya menjaga lingkungan, memahami risiko bencana, dan mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat (Thornton, 2022).

Aktivitas peserta didik dalam konteks ini yaitu menciptakan maket taman mini mewujudkan sekolah hijau yang dapat menjadi strategi yang efektif (Umairah dkk, 2023). Maket tersebut dapat mencakup miniatur lingkungan yang beragam, termasuk elemen-elemen yang terkait dengan mitigasi bencana dan perubahan iklim akibat global warming. Menggunakan pendekatan ini, guru dapat melibatkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran yang interaktif dan kreatif. Guru dapat mengajar tentang pentingnya menjaga lingkungan, memahami risiko bencana, dan mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat (Thornton,

2022). Dengan melibatkan peserta didik dalam membangun dan mengelola taman mini mewujudkan sekolah hijau, kreativitas dan kemampuan mereka untuk memahami serta merespons perubahan iklim dapat ditingkatkan.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini untuk mendesain pembelajaran kimia global warming yang terintegrasi dengan mitigasi bencana perubahan iklim. Peserta didik diharapkan mampu mengembangkan keterampilan literasi sains dalam menganalisis dan menginterpretasikan informasi tentang perubahan iklim akibat global warming, serta tindakan konkret yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatifnya.

## **METODE**

Penulisan ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan jenis penelitian berupa studi kepustakaan (*library research*), yaitu mengumpulkan informasi ataupun karya tulis yang berhubungan dengan mitigasi bencana global warming yang bersifat kepustakaan. Peneliti terlibat dalam proses analisis data dengan memilih, menafsirkan, dan mensintesis informasi dari sumber perpustakaan yang relevan. Kegiatan ini membutuhkan keterampilan interpretasi kritis dan analisis mendalam untuk menguraikan informasi dari berbagai perspektif dalam literatur yang ada (Weckesser & Denny, 2022). Penelitian ini menyajikan data terkait topik global warming dan data analisis materi pembelajaran berdasarkan KD 3.3 dan 4.3 Kurikulum 2013 (K13).

Terkait dengan metode ini, Winarta (2021) menjelaskan bahwa metode analisis deskriptif kualitatif adalah metode yang berisi proses analisis, penggambaran serta ringkasan atas berbagai kondisi yang diambil dari berbagai kumpulan informasi. Teknik analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis relevansi, analisis konsep, dan analisis sintesis keterkaitan konsep KD 3.3 dan 4.3 dengan bencana global warming.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Inventarisasi Kompetensi Dasar (KD) dengan Bencana Global Warming**

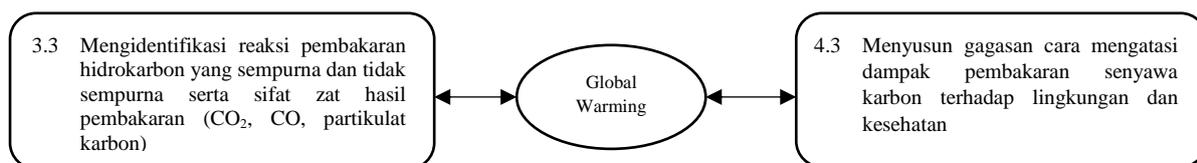
Pelajaran kimia dengan pembahasan minyak bumi memiliki keterkaitan yang erat dengan kehidupan sehari-hari. Materi ini memiliki hubungan yang sangat penting dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Salah satu isu yang relevan dalam konteks ini adalah dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan masyarakat. Salah satu Kompetensi Dasar (KD) yang terkait dengan penilaian pengetahuan dan keterampilan adalah pemahaman tentang pembakaran senyawa hidrokarbon (Prauchner dkk, 2023).

KD pengetahuan Kimia kelas XI SMA pada materi ini adalah KD 3.3 yakni, memahami reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran ( $\text{CO}_2$ , CO, partikulat karbon). Pembakaran senyawa hidrokarbon dapat terjadi dalam dua bentuk, yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Menurut Setiyana (2020), dampak hasil pembakaran hidrokarbon adalah peningkatan emisi gas  $\text{CO}_2$  dari pembakaran kendaraan di atas batas yang ditentukan dapat menyebabkan efek rumah kaca atau pemanasan global yang mengakibatkan peningkatan suhu bumi.

Berbagai aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi yang merupakan senyawa hidrokarbon, penebangan dan pembakaran hutan untuk pengalihan fungsi menjadi lahan pertanian, pemukiman dan industri akan menyumbangkan  $\text{CO}_2$  ke atmosfer dalam jumlah besar (Buana, 2021). Dampak dari pemanasan global atau global warming sangat besar bagi kehidupan. Global warming menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Secara fisik,

dampak perubahan iklim adalah terjadi perubahan siklus air dan perluasan wilayah tropis, anomali iklim dan musim, perubahan frekuensi kejadian El Nino Southern Oscillation (ENSO), kebakaran hutan, peningkatan kejadian puting beliung, hujan asam dan pengasaman di laut, kejadian iklim ekstrim serta gelombang tinggi masyarakat (Khoirunisa, 2021).

Pembakaran hidrokarbon yang menyebabkan bencana global warming dapat diatasi dengan suatu keterampilan. KD ketrampilan pada materi ini adalah KD 4.3 yakni, menalar dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan serta mengajukan gagasan cara mengatasinya. Cara mengatasi ini dengan melakukan tindakan adaptasi dan mitigasi (Lamanauskas & Makarskaite, 2023). Hubungan antara kompetensi dasar dan global warming dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Pemetaan KD dengan bencana yang terjadi

### Analisis Konsep

Analisis konsep melibatkan identifikasi materi utama yang harus diajarkan, pengumpulan informasi dan pemilihan materi yang relevan, serta identifikasi kompetensi inti, kompetensi dasar, dan indikator (Dermawati dkk, 2019). Analisis konsep materi pembakaran hidrokarbon berdasarkan KD 3.3 Mengidentifikasi reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran ( $\text{CO}_2$ , CO, partikulat karbon).

Pembakaran hidrokarbon adalah proses reaksi kimia eksotermik antara hidrokarbon dan oksidan, menghasilkan produksi panas, cahaya, dan berbagai spesies kimia. Seperti yang dikemukakan Roni (2020) pada penelitiannya bahwa dalam pembakaran sempurna, hasilnya meliputi karbon dioksida, uap air, dan pelepasan energi panas. Namun, dalam pembakaran tidak sempurna, terbentuk karbon monoksida dan asap sebagai hasilnya.

Pada KD tersebut dituntut untuk menyebutkan dan menganalisis reaksi pembakaran hidrokarbon yang terdiri dari:

1. Pembakaran hidrokarbon sempurna mengacu pada pembakaran penuh bahan bakar hidrokarbon, yang menghasilkan produksi terutama karbon dioksida dan air.
2. Pembakaran hidrokarbon yang tidak lengkap mengacu pada proses di mana hidrokarbon tidak sepenuhnya terbakar, menghasilkan produksi berbagai produk sampingan. Produk sampingan ini termasuk hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH)
3. Sifat zat hasil pembakaran ( $\text{CO}_2$ , CO, dan partikulat karbon) dapat mempengaruhi pemanasan global. Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke atmosfer, yang merupakan gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Soeder, 2020).

Pada KD tersebut perlu dibahas tentang bentuk dan ancaman terhadap bumi jika terjadi pembakaran hidrokarbon secara terus menerus yang menghasilkan  $\text{CO}_2$ , CO, dan partikulat. Peserta didik dapat mempelajari tentang global warming yang menyebabkan perubahan iklim, menggambarkan secara komprehensif tentang pengertian perubahan iklim, penyebabnya, dan dampaknya terhadap ekosistem dan kehidupan manusia (Vandyck dkk, 2022). Dampak perubahan iklim menurut (Wenstop, 2016) sangat beragam, meliputi peningkatan suhu global, perubahan pola cuaca, kenaikan permukaan air laut, kerusakan ekosistem dan gangguan pada kehidupan manusia. Penyebab perubahan iklim di Indonesia adalah emisi gas rumah kaca,

deforestasi, dan pemanasan global. Dampak perubahan iklim yang sangat terasa di Indonesia seperti penurunan produksi pertanian, kekeringan yang merugikan, kebakaran hutan yang meluas, banjir yang merusak, dan risiko tinggi terhadap tanah longsor (Dey & Lewis, 2020).

Pada KD 4.3 yakni Menyusun gagasan cara mengatasi dampak pembakaran senyawa karbon terhadap lingkungan dan kesehatan. Peserta didik dituntut untuk mampu “mengajukan gagasan cara mengatasi dampak pembakaran hidrokarbon terhadap lingkungan dan Kesehatan”.

Terkait dengan KD 3.3 yang menggarisbawahi dampak pembakaran hidrokarbon terhadap perubahan iklim serta bencana lain yang muncul karena efek rumah kaca, pengajuan gagasan oleh peserta didik menjadi langkah konkret dalam upaya mitigasi terhadap bencana global warming (Annisa dkk, 2022). Mitigasi adalah segala upaya dan kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dan memperkecil akibat-akibat yang ditimbulkan oleh bencana, yang meliputi kesiapsiagaan serta penyiapan kesiapan fisik, kewaspadaan dan kemampuan mobilisasi (Bramasta & Irawan, 2020). Dalam konteks pembelajaran ini, pengajuan gagasan oleh siswa tentang cara mengatasi dampak dari pembakaran hidrokarbon merupakan bagian integral dari upaya mitigasi. Hal ini mengajarkan siswa untuk tidak hanya memahami masalahnya, tetapi juga untuk aktif mencari solusi yang dapat membantu mengurangi dampak negatifnya (Umairah dkk, 2023).

Dengan mempromosikan gagasan-gagasan inovatif dari siswa dalam mengatasi dampak dari pembakaran hidrokarbon, pembelajaran ini mendorong pengembangan keterampilan analisis, kreativitas, dan pemecahan masalah. Hal ini penting dalam membentuk pemikiran kritis serta sikap proaktif dalam merespons tantangan lingkungan global yang semakin kompleks. Melalui pengajaran ini, siswa diharapkan tidak hanya menjadi pemaham masalah, tetapi juga menjadi bagian dari solusi dalam menghadapi perubahan iklim yang terus berkembang (Fatmawati dkk, 2023). Hasil analisis target konsep materi terhadap kompetensi dasar (KD) 3.3 dan 4.3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis target konsep materi berdasarkan KD pembakaran hidrokarbon

Kompetensi Dasar (KD)	Target Konsep Materi
3.3 Mengidentifikasi reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran ( $\text{CO}_2$ , CO, partikulat karbon)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Menyebutkan reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna.</li> <li>Menganalisis reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran (<math>\text{CO}_2</math>, CO, dan partikulat karbon).</li> </ol>
4.3 Menyusun gagasan cara mengatasi dampak pembakaran senyawa karbon terhadap lingkungan dan kesehatan	Mengajukan gagasan cara mengatasi dampak pembakaran hidrokarbon terhadap lingkungan dan Kesehatan.

### Deskripsi Analisis Sintesis

Analisis sintesis konsep adalah metode yang digunakan untuk memperjelas dan mendefinisikan suatu konsep dengan mengidentifikasi antededen, atribut, dan konsekuensinya. Ini melibatkan pemeriksaan sistematis literatur untuk memahami konsep secara mendalam dan menginformasikan penelitian, kebijakan, pendidikan, dan praktik masa depan (None, 2023). Analisis sintesis konsep sains bencana global warming dengan karakteristik KD 3.3 mengenai pembakaran hidrokarbon dapat dilihat pada Tabel 2.

Pembakaran hidrokarbon, baik dalam kondisi sempurna maupun tidak sempurna, terkait dengan berbagai aspek pemanasan global dan bencana. Pelepasan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )

selama pembakaran hidrokarbon, dapat mendorong episode dramatis pemanasan global. Emisi pembakaran, termasuk yang berasal dari hidrokarbon, telah diidentifikasi sebagai penyebab potensial perubahan iklim global baru-baru ini (D'Amato & Akdis dkk, 2020). Selain itu, penelitian telah menyelidiki hubungan antara emisi karbon dan suhu udara, menemukan bahwa peningkatan emisi karbon dapat menjadi penyebab peningkatan suhu (Ferhoune dkk, 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa pembakaran hidrokarbon, baik sempurna maupun tidak sempurna, dapat berkontribusi pada perubahan suhu global dan fenomena bencana pemanasan global.

Tabel 1. Analisis konsep materi bencana global warming terintegrasi KD

Konsep Materi Bencana Global Warming	Karakteristik pembakaran hidrokarbon
Perubahan suhu global	Pembakaran sempurna
Efek rumah kaca	Pembakaran tidak sempurna
Siklus karbon	Gas rumah kaca (CO <sub>2</sub> )
Perubahan pola cuaca	Gas beracun (CO)
	Partikulat karbon

Konsep ilmu bencana pemanasan global, yang dikenal sebagai “efek rumah kaca,” saling terkait dengan karakteristik pembakaran hidrokarbon, khususnya gas rumah kaca CO<sub>2</sub>. Pembakaran biomassa, termasuk hidrokarbon, melepaskan gas jejak reaktif secara kimia seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O, yang merupakan gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global (Oh & Jeon, 2017). Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi terus meningkat karena pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi, yang menyebabkan konsekuensi potensial seperti pemanasan planet yang signifikan dan naiknya permukaan laut. Efek rumah kaca terjadi ketika CO<sub>2</sub> dan gas rumah kaca lainnya menjebak dan memperkuat panas matahari, menghasilkan efek pemanasan pada permukaan bumi (Nand dkk, 2017). Keterkaitan antara efek rumah kaca dan karakteristik pembakaran hidrokarbon, khususnya CO<sub>2</sub>, sangat penting dalam memahami dampak aktivitas manusia terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Filimonova & Mayorov, 2023).

Aktivitas manusia melalui pembakaran hidrokarbon juga dapat mengganggu siklus karbon. Siklus karbon dalam organisme hidup, ekosistem, dan atmosfer, terganggu oleh penumpukan CO<sub>2</sub> di atmosfer yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan aktivitas antropogenik lainnya (Satis dkk, 2020). Perubahan siklus karbon ini berkontribusi terhadap perubahan iklim, termasuk global warming. Pelepasan sejumlah besar hidrokarbon, seperti dari pembakaran biomassa, telah diidentifikasi sebagai pendorong peristiwa global warming masa lalu (Sharma, 2022).

Selain itu, proses pembakaran juga menghasilkan karbon monoksida (CO), gas beracun yang dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Sadiq dkk, 2021). Pembakaran hidrokarbon juga menghasilkan partikulat karbon, yang selanjutnya dapat berkontribusi pada efek rumah kaca dan perubahan iklim (Ogawa dkk, 2016). Dampak keseluruhan dari pembakaran hidrokarbon terhadap global warming dan bencana sangat kompleks dan melibatkan interaksi berbagai faktor, termasuk emisi gas rumah kaca dan gas beracun, serta pembentukan partikulat karbon (Khaustov & Redina, 2020).

Bencana yang disebabkan oleh global warming termasuk banjir, kekeringan, gelombang panas, kebakaran hutan, dan perubahan permukaan laut (Bouchard dkk, 2022). Peningkatan gas rumah kaca, seperti karbon dioksida, menyebabkan kenaikan suhu, menyebabkan gletser mencair dan permukaan laut naik, mengakibatkan banjir daerah dataran rendah (Dey & Lewis, 2020). Iklim ekstrem, didorong oleh perubahan suhu dan curah hujan, dapat menyebabkan bencana besar (Sharma, 2022). Untuk mengurangi global warming dan bencana yang terkait, mengurangi emisi gas rumah kaca dan menghindari campur tangan manusia dalam peningkatan suhu sangat

penting. Salah satu bentuk mengurangi dampak bencana global warming dengan upaya mitigasi yang terintegrasi dengan pendidikan di sekolah (Annisa dkk, 2022).

### **Desain Integrasi MIB dalam Pembelajaran**

Desain Integrasi Mitigasi Bencana dalam pembelajaran mengacu pada penggabungan prinsip dan praktik desain dalam pendekatan pendidikan yang bertujuan mengurangi dampak bencana. Ini melibatkan pengembangan model pembelajaran inovatif dan alat yang meningkatkan kesadaran bencana, kesiapan, dan respons di antara peserta didik (Fortuna dkk, 2023). Integrasi MIB dalam pembelajaran KD 3.3 dan 4.3 dengan tujuan pembelajaran:

“Melalui model pembelajaran RBL dengan pendekatan STEAM, peserta didik dapat mengidentifikasi, menganalisis, mengembangkan dan meninterpretasikan jenis pembakaran hidrokarbon, dan dampak yang dihasilkan. Peserta didik juga dapat mengembangkan keterampilan literasi tentang perubahan iklim dan membuat perencanaan mitigasi dan pengambilan keputusan yang tepat dengan machine learning”.

Model pembelajaran RBL (Research Based Learning) adalah model pembelajaran yang menggunakan sumber daya dan teknologi sebagai alat untuk meningkatkan proses pembelajaran. Model ini berfokus pada penerapan pengetahuan dan keterampilan peserta didik dalam memecahkan masalah dan mengeksplorasi masalah yang terjadi di suatu wilayah (Fatmawati dkk, 2023). Pendekatan STEAM adalah pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika dalam mengajar dan belajar (Hidayah dkk, 2023). Dipilihnya pendekatan ini karena tuntutan keterampilan abad 21 yang dikembangkan melalui pembelajaran dengan pendekatan STEAM meliputi berpikir kritis, kreatif, komunikatif dan kolaboratif (Rachmah dkk, 2022).

Model pembelajaran RBL-STEAM menurut Thornton (2022) penting untuk pembelajaran mitigasi bencana global warming karena mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, menganalisis situasi, dan mengembangkan solusi terhadap permasalahan yang terkait dengan bencana. Model ini menggabungkan media pembelajaran berbasis masalah, dengan pendekatan ilmiah untuk mengajar, yang meningkatkan pengalaman belajar dan membuatnya lebih menarik dan efektif (Fortuna dkk, 2023). Model pembelajaran RBL-STEAM sejalan dengan tujuan pengurangan risiko bencana dan pendidikan perubahan iklim, mempromosikan pedagogi interaktif, pengalaman, dan partisipatif. Secara keseluruhan, model ini memberikan pendekatan yang komprehensif dan inovatif untuk mengajar dan belajar tentang mitigasi bencana global warming, membekali peserta didik dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dan bencana alam (Gunada dkk, 2020).

Pendesaian integrasi KD 3.3 untuk pengetahuan dengan mengembangkan Maket Taman Mini untuk mitigasi bencana global warming. Perencanaan mitigasi untuk KD 4.3 (keterampilan) yakni pengambilan keputusan yang tepat dengan machine learning (Umaisaroh dkk, 2023). Machine learning dapat membantu berfikir dari pengambilan keputusan dengan menganalisis sejumlah besar data, mengidentifikasi pola, dan membuat prediksi berdasarkan pengalaman masa lalu (Monteiro & Reynoso, 2023). Dengan memanfaatkan machine learning, pengambil keputusan dapat memiliki akses ke informasi yang lebih terinformasi dan meningkatkan respons yang cepat dan efektif dalam skenario rekonstruksi pasca-bencana (Wilujeng & Hastuti, 2019).

Dalam konteks Maket Taman Mini, pengambilan keputusan dengan machine learning bisa terkait dengan simulasi dampak berbagai desain atau tata letak pada mitigasi bencana. Model dapat menggunakan data sejarah, parameter lingkungan, dan faktor-faktor terkait untuk memprediksi dampak dari variasi desain yang berbeda (Umaisaroh dkk, 2023). Penggunaan

data yang digunakan adalah data cuaca historis, yang dapat memprediksi kemungkinan terjadinya bencana seperti banjir, kekeringan, atau badai. Peserta didik dapat membuat perencanaan mitigasi dan pengambilan keputusan yang tepat dari data tersebut.

Pengambilan keputusan dengan Machine Learning (Pembelajaran Mesin) dapat diintegrasikan ke dalam pendekatan RBL-STEAM. Gambaran permasalahan STEAM dalam penerapan aksi mitigasi dalam upaya pencegahan bencana dengan menciptakan maket taman mini, dapat dilihat pada Gambar 2.

Pembelajaran RBL-STEAM memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep sains yang mendasari perubahan iklim seperti perubahan suhu global, efek rumah kaca, siklus karbon, dan perubahan pola cuaca (Umairah dkk, 2023). Peserta didik dapat belajar tentang metode pengukuran dan pemantauan perubahan iklim, serta mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sumber. Peserta didik juga memungkinkan untuk mempelajari teknologi yang dapat digunakan dalam mitigasi perubahan iklim, global warming. Peserta didik dapat belajar tentang kimia hijau yakni energi terbarukan, teknologi hijau, penggunaan energi cerdas, transportasi berkelanjutan, dan manajemen limbah yang ramah lingkungan (Nainggolan dkk, 2023).



Gambar 2. Permasalahan STEAM dalam penerapan aksi mitigasi bencana

Pendekatan dalam mitigasi dengan menciptakan Maket Taman Mini mewujudkan sekolah hijau dapat menjadi strategi yang efektif (Apritasari, 2017). Mewujudkan sekolah hijau berarti mempromosikan perilaku ramah lingkungan yang berkelanjutan dan upaya mewujudkan lingkungan karbon netral dalam pelaksanaan proses kegiatan pembelajaran di sekolah. Maket taman mini adalah representasi atau model taman skala kecil yang dapat dibuat di dalam atau di luar ruangan (Mahaboob dkk, 2022).

Maket tersebut dapat mencakup miniatur lingkungan yang beragam, termasuk elemen-elemen yang terkait dengan mitigasi bencana dan perubahan iklim. Menggunakan pendekatan ini, guru dapat melibatkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran yang interaktif dan kreatif. Guru dapat mengajar tentang pentingnya menjaga lingkungan, memahami risiko bencana, dan mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat (Apritasari, 2017). Menurut Mahaboob dkk (2022), dengan melibatkan peserta didik dalam membangun dan mengelola Taman Mini mewujudkan sekolah hijau, kreativitas dan kemampuan mereka untuk memahami serta merespons perubahan iklim dapat ditingkatkan, akibat pembakaran hidrokarbon.

Ide integrasi mitigasi bencana global warming dengan Maket Taman Mini sejalan dengan penelitian dari Sari dkk (2022), bahwa upaya mitigasi bencana untuk pemanasan global mencakup berbagai strategi seperti penghijauan dan langkah-langkah lainnya. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi risiko korban jiwa dan kerusakan infrastruktur yang disebabkan oleh bencana alam dan bencana buatan manusia. Pembuatan Maket Taman mini juga dapat menjadi alat pembelajaran yang interaktif dan menarik untuk peserta didik. Peserta didik dapat terlibat dalam merancang dan membangun maket Taman mini. Peserta didik akan belajar tentang prinsip rekayasa dalam merencanakan dan membangun infrastruktur taman, seperti jalur setapak, kolam, atau struktur penyangga. Peserta didik juga dapat merancang sistem yang efisien untuk pengelolaan air, penggunaan energi, atau penggunaan material daur ulang dalam pembangunan taman mini, sebagai bentuk mitigasi bencana global warming (Apritasari, 2017).

Langkah-langkah dalam pembelajaran dengan menggunakan RBL-STEAM sebagai berikut:

1. Tahap Science. Mengusulkan masalah mendasar terkait pengembangan keterampilan literasi dalam menganalisis dan menginterpretasikan informasi mengenai pembakaran hidrokarbon dan dampak (gas rumah kaca). Peserta didik mengumpulkan informasi menggunakan internet.
2. Tahap Technology. Perencanaan mitigasi dan pengambilan keputusan yang tepat. Peserta didik berdiskusi kelompok untuk memahami tentang energi terbarukan, teknologi hijau, penggunaan energi cerdas, transportasi berkelanjutan, dan manajemen limbah yang ramah lingkungan (Steinhilber dkk, 2016). Penggunaan data cuaca historis, prediksi kemungkinan terjadinya bencana seperti banjir, kekeringan, atau badai dari internet (machine learning).
3. Tahap Engineering. Pembuatan Maket Taman Mini, baik untuk indoor ataupun outdoor yang mencakup miniatur lingkungan yang beragam, termasuk elemen-elemen yang terkait. Peserta didik mencari informasi melalui internet dalam pembuatan maket taman mini.
4. Tahap Art. Penggunaan konsep desain lansekap dan dekoratif mendesain dan membuat maket taman mini.
5. Tahap Mathematics. Penggunaan konsep skala, pengukuran, perhitungan dalam mendesain dan membuat Maket Taman Mini.
6. Tahap RBL-report. Penyajian hasil dari penelitian peserta didik.

Bahan ajar yang dapat digunakan adalah silabus, RPP, LKPD, pretest, posttest, dan instrumen penilaian lainnya yang telah disiapkan (Umairah dkk, 2023). Pendekatan kombinasi antara RBL-STEAM dengan penggunaan maket taman mini sebagai strategi yang amat efektif dalam meningkatkan tingkat pemahaman dan kesadaran peserta didik terhadap konsep metaliterasi dalam konteks mitigasi bencana global warming. Melalui keterlibatan aktif dalam kegiatan pembelajaran yang holistik dan aplikatif, diharapkan bahwa penerapan kerangka ini akan memberikan landasan yang kokoh bagi peserta didik untuk menjadi agen perubahan yang peduli terhadap lingkungan serta terampil dalam mengatasi tantangan bencana lingkungan masa depan.

## KESIMPULAN

Global warming atau perubahan iklim, serta efeknya dan upaya mitigasinya, menjadi sangat penting dari pembelajaran kimia, terutama pada KD 3.3 dan 4.3 yang membahas pembakaran hidrokarbon serta sifat zat hasilnya seperti CO<sub>2</sub>, CO, dan partikulat karbon. Integritas ini penting dengan upaya mitigasi bencana perubahan iklim. Global warming disebabkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama CO<sub>2</sub>, yang timbul dari aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi, dan kegiatan industri. Dampaknya meliputi perubahan suhu global, pergeseran zona iklim, kenaikan permukaan air laut, serta dampak terhadap vegetasi dan kesehatan manusia.

Analisis konsep mengenai pembakaran hidrokarbon menunjukkan hubungannya dengan perubahan iklim, efek rumah kaca, siklus karbon, dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan. Desain pembelajaran mengintegrasikan Model *Research-Based Learning* (RBL) dengan pendekatan STEAM (Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika) untuk memfasilitasi pemahaman peserta didik terhadap perubahan iklim, dampak pembakaran hidrokarbon, serta upaya mitigasi bencana. Hal ini dilakukan dengan menggunakan berbagai metode pembelajaran inovatif, seperti pembuatan maket Taman Mini sebagai strategi efektif dalam pembelajaran, serta penggunaan teknologi dan *machine learning* untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam mitigasi bencana global warming.

Integrasi pembelajaran kimia dengan pemahaman tentang pemanasan global serta upaya mitigasi bencana sangatlah penting. Hal ini memberikan peserta didik keterampilan literasi sains dan membantu mereka mengidentifikasi tindakan konkret untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim.

## SARAN

Penelitian yang telah dilakukan menyoroti pentingnya integrasi pembelajaran kimia dengan pemahaman tentang global warming serta upaya mitigasi bencana. Kekurangan tulisan ini adalah belum diukurnya desain yang dikembangkan pada peserta didik. Penelitian lebih lanjut dapat memfokuskan pada evaluasi dampak langsung dari pendekatan pembelajaran yang diusulkan. Sebagai contoh, penggunaan desain eksperimental seperti *Pretest-Posttest Control Group* atau *Randomized Controlled Trial* (RCT) dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang perbedaan pemahaman siswa sebelum dan setelah menerima pendekatan baru ini. Di sisi lain, studi kasus, baik yang bersifat longitudinal maupun *multiple case study*, juga dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang dampak dari pendekatan pembelajaran tersebut dalam konteks pembelajaran yang berbeda. Pengembangan desain penelitian yang melibatkan evaluasi langsung ini diharapkan dapat mengungkap secara mendalam efektivitas pendekatan pembelajaran terkait pemahaman siswa tentang global warming dan kemampuan mereka dalam merumuskan solusi terhadap dampaknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, Maya, Kurnianingrum., Slamet, Hariyadi., Iis, Nur, Asyiah. (2022). Effectiveness of science textbooks based on socio-scientific issues in global warming materials to improve learning outcomes. *International journal of advanced research*, doi: <https://doi.org/10.21474/ijar01/15701>
- Apritasari, Y. D. (2017). Metoda Scat (Sustainable City Assessment Tools), Konsep Perencanaan Kota Hijau Dan Simbiotik, Sebagai Strategi Pembangunan Berkelanjutan. *Architecture Innovation*, 1(1), 43-54. <https://doi.org/10.36766/aij.v1i1.70>
- Bouchard, J. P., Pretorius, T. B., Kramers-Olen, A. L., Padmanabhanunni, A., & Stiegler, N. (2023, March). Global warming and psychotraumatology of natural disasters: The case of the deadly rains and floods of April 2022 in South Africa: In *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique. Elsevier Masson*, 181(3). 234-239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amp.2022.07.004>
- Bramasta, D., & Irawan, D. (2020). Mitigasi Bencana Gunung Meletus di Sekolah Rawan Bencana. *Jurnal Publikasi Pendidikan*, 10(2), 154-159.

- D'Amato, G., & Akdis, C. (2020). Global warming, climate change, air pollution and allergies. *Authorea Preprints*. doi: <https://doi.org/10.1111/ALL.14527>
- Dermawati, N., Suprpta., & Muzakkir. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 7(1): 74-78. <https://doi.org/10.24252/jpf.v7i1.3143>
- Dey, R., & Lewis, S. C. (2021). Natural disasters linked to climate change. In *The Impacts of Climate Change*, Elsevier, pp. 177-193. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00004-5>
- Fatmawati, D., Yushardi, Y., Nurdin, E. A., Astutik, S., & Kurnianto, F. A. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Resource Based Learning (RBL) Berbasis Augmented Reality (AR) terhadap Kemampuan Berpikir Spasial Siswa SMA. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 6(1), 72-87. doi: <https://doi.org/10.19184/pgeo.v6i1.38555>
- Ferhoune, I., Guemini, M., & Rezgui, Y. (2021). Effect of the Chemical Structure of Hydrocarbons on the Emissions of CO, CO<sub>2</sub> and Soot Precursors Issued from Cyclohexane and Benzene Premixed Flames. *Kinetics and Catalysis*, 62, 457-471. doi: <https://doi.org/10.1134/S0023158421040029>
- Filimonova, A. A., & Mayorov, E. S. (2023, March). Thermodynamic characteristics of the processing of gaseous hydrocarbons in the SOFC reforming system. In *2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*, IEEE, (5): 1-5. doi: <https://doi.org/10.1109/REEPE57272.2023.10086715>
- Fortuna, A., Rahmansyaf, I., Prasetya, F., Syaputra, W. Z., Rahmadhani, D., Saklaili, S., ... & Deria, A. (2023). Design of Prototype Model Augmented Reality-Based Disaster Mitigation Learning Media as a Disaster Education Facility. *PAKAR Pendidikan*, 21(1), 44-57. doi: <https://doi.org?10.24036/pakar.v21i1.287>
- Gunada, I. W., Ayub, S., Doyan, A., Taufik, M., & Kosim, K. (2020). Development of Disaster Mitigation Learning Structures. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 6(1), 69-74. doi: <https://doi.org/10.29303/JPPIPA.V6I1.324>
- Hadi, Rusma. (2022). Efektivitas Pembelajaran Materi Mitigasi Global Warming Berbasis Media Facebook Kelas Xi Sma Negeri 2 Klaten. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.1-13.
- Hermon, D. (2021). *Geografi Bencana Alam-Rajawali Pers*. PT. Raja Grafindo Persada.
- Hidayah, Y., Iskandar, R., Kusmayanti, I., & Saylendra, N. P. (2023). Building the character of unity through a STEAM approach in elementary schools. *Jurnal Geuthèë: Penelitian Multidisiplin*, 6(1), 44-50. doi: <https://doi.org/10.52626/jg.v6i1.197>.
- Iles, C., Samset, B., & Sandstad, M. (2023). *Locked into an extreme tomorrow: Multi-hazard analysis reveals unprecedented regional rates of change of extreme weather events until 2040, even for drastically reduced emissions* (No. EGU23-3392). Copernicus Meetings. doi: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-3392>
- Khaustov, A., & Redina, M. (2020). Specificity of accumulation of hydrocarbons in various components of geosystems. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 169, p. 01013). EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202016901013>
- Lamanauskas, V., & Makarskaitė-Petkevičienė, R. (2023). Environmental education in primary school: meaning, themes and vision. In *Science and technology education: new*

- developments and Innovations: proceedings of the 5th international Baltic symposium on science and technology education (BalticSTE2023)*, Šiauliai, Scientia Socialis Press, (pp. 122-136).
- Lempert, R. J. (2022). Observed Impacts, Future Risks, and Adaptation Solutions: Highlights from the Recent Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group II Report.
- Ma, N., Jiang, J. H., Hou, K., Lin, Y., Vu, T., Rosen, P. E., ... & Fahy, K. A. (2022). 21st Century Global and Regional Surface Temperature Projections. *Earth and Space Science*, 9(12), e2022EA002662. <https://doi.org/10.1029/2022EA002662>
- Mahaboob, M., Tanushree, N., Rogini, M., & Vishnuprnavi, N. (2022, March). Movable mini-Hydroponic Home Garden with Automated Monitoring System. In *2022 8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)* (Vol. 1, pp. 1179-1183). IEEE.  
doi: <https://doi.org/10.1109/ICACCS54159.2022.9785239>
- Monteiro, W. R., & Reynoso-Meza, G. (2023). A multi-objective optimization design to generate surrogate machine learning models in explainable artificial intelligence applications. *EURO Journal on Decision Processes*, 11, 100040. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ejdp.2023.100040>
- Mulyani, Agnes S. (2021). Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya. *Pengabdian Kepada Masyarakat*.
- Nand, Kumar, Singh., Anoj, Ekka., Dinanath. (2017). Greenhouse effect and global warming. *International Education and Research Journal*,
- Nainggolan, H., Nuraini, R., Sepriano, S., Aryasa, I. W. T., Meilin, A., Adhicandra, I., ... & Prayitno, H. (2023). *Green Technology Innovation: Transformasi Teknologi Ramah Lingkungan berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- None, Firdayanti. (2023). Concept Analysis. *Advances in Nursing Science*, doi: <https://doi.org/10.1097/ans.0000000000000467>
- Ogawa, H., Nishimoto, H., Morita, A., & Shibata, G. (2016). Predicted diesel ignitability index based on the molecular structures of hydrocarbons. *International Journal of Engine Research*, 17(7), 766-775. doi: <https://doi.org/10.1177/1468087415612612>
- Oh, J. Y., & Jeon, E. C. (2017). Greenhouse Effects in Global Warming based on Analogical Reasoning. *Foundations of Science*, 22, 827-847. doi: <https://doi.org/10.1007/S10699-016-9501-Z>
- Orsetti, E., Tollin, N., Lehmann, M., Valderrama, V. A., & Morató, J. (2022). Building resilient cities: climate change and health interlinkages in the planning of public spaces. *International journal of environmental research and public health*, 19(3), 1355. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031355>
- Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Buletin Utama Teknik*, 14. No.2.
- Prauchner, M. J., Brandão, R. D., Freitas Júnior, A. M. de, & Oliveira, S. da C. (2023). Petroleum-based Fuels: Obtaining, Properties and Uses. *Revista Virtual de Química*, 15(1), 43-60.
- Rachmah, L. L., Farantika, D., & Prawinda, R. A. (2022). Pembelajaran Steam dengan Media Loose Parts Guna Menstimulasi Perkembangan Anak. *Jurnal Pendidikan: Riset Dan Konseptual*, 6(3), 466. [https://doi.org/10.28926/riset\\_konseptual.v6i3.535](https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v6i3.535)

- Roni, K.A. (2020). *Teknologi Minyak Bumi*. Rafah Press UIN Raden Fatah: Palembang.
- Sadiq, M., Palmer, P. I., Lunt, M. F., Feng, L., Super, I., Dellaert, S. N., & Denier van der Gon, H. A. (2021). Understanding the influence of combustion on atmospheric CO<sub>2</sub> over Europe by using satellite observations of CO<sub>2</sub> and reactive trace gases. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 1-34. doi: <https://doi.org/10.5194/ACP-2021-816>
- Sari, D. P., & Rosadi, D. (2022). Disaster Mitigation Efforts Using K-Medoids Algorithm and Bayesian Network. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 23(03), 231-241. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol23-iss03/304>
- Satish, R., Rastogi, N., Singh, A., & Singh, D. (2020). Change in characteristics of water-soluble and water-insoluble brown carbon aerosols during a large-scale biomass burning. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 33339-33350. doi: <https://doi.org/10.1007/S11356-020-09388-7>
- Setiyana. (2020). *Modul pembelajaran kimia sma kelas x: sifat-sifat unsur periodik*. Dikutip dari [http://repositori.kemdikbud.go.id/22167/1/X\\_Kimia\\_KD3.4\\_Final.pdf](http://repositori.kemdikbud.go.id/22167/1/X_Kimia_KD3.4_Final.pdf)
- Sharafi, H., Soltanifar, M., & Lotfi, F. H. (2022). Selecting a green supplier utilizing the new fuzzy voting model and the fuzzy combinative distance-based assessment method. *EURO Journal on Decision Processes*, 10, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.ejdp.2021.100010>
- Sharma, B. (2022). *Analysis of Global Carbon Cycle Extremes, Their Compound Climate Drivers, and Implications for Terrestrial Carbon Cycle* (Doctoral dissertation, Northeastern University). doi: <https://doi.org/10.17760/d20474678>
- Soeder, D. J., & Soeder, D. J. (2021). Fossil fuels and climate change. *Fracking and the Environment: A scientific assessment of the environmental risks from hydraulic fracturing and fossil fuels*, 155-185. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59121-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59121-2_9)
- Steinhilber, S., Geldermann, J., & Wietschel, M. (2016). Renewables in the EU after 2020: a multi-criteria decision analysis in the context of the policy formation process. *EURO Journal on Decision Processes*, 4(1-2), 119-155. <https://doi.org/10.1007/s40070-016-0060-x>
- Thornton, H. J. (2022). Reflection on Best Practices in Designing Online Middle Level Learning. *Current Issues in Middle Level Education*, 27(1), 4. doi: <https://doi.org/10.20429/cimle.2022.270104>
- Umaisaroh, U., Dafik, D., Kristiana, A. I., Maylisa, I. N., Izza, R., & Supandi, S. R. (2023). Kerangka Aktivitas Pembelajaran Rbl-Steam : Penerapan Aksi Mitigasi Dalam Upaya Pencegahan Bencana Dengan Menciptakan Maket Taman Mini Mewujudkan Sekolah Hijau Untuk Meningkatkan Kreativitas Guru Memfasilitasi Peserta didik Dalam Mewujudkan Literasi Perubahan Iklim. *Ebook CGANT Universitas Jember*.
- Vandyck, T., Ebi, K. L., Green, D., Cai, W., & Vardoulakis, S. (2022). Climate change, air pollution and human health. *Environmental Research Letters*, 17(10), 100402. Doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac948e>
- Weckesser, A., & Denny, E. (2022). BJOG Perspectives—qualitative research: analysing data and rigour. *Bjog*, 129(8), 1406. <https://doi.org/10.1111%2F1471-0528.17148>
- Wenstøp, S. H., & Wenstøp, F. (2016). Operational research virtues in the face of climate change. *EURO Journal on Decision Processes*, 4(1-2), 53-72. Elsevier. <https://doi.org/10.1007/s40070-016-0057-5>

- Wilujeng, I., & Hastuti, P. W. (2019, June). Development the Science Learning Plan Based on Pedagogy for Sustainability to Grow Environmental Literacy Students. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1233, No. 1, p. 012108). IOP Publishing. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012108>
- Winartha, I. M. (2021). *Metodologi Penelitian Sosial Ekonomi*, Yogyakarta: C.V. Andi Offset, hlm. 155
- Wissinger, J. E., Visa, A., Saha, B. B., Matlin, S. A., Mahaffy, P. G., Kümmerer, K., & Cornell, S. (2021). Integrating sustainability into learning in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1061-1063. doi: <https://doi.org/10.1021/ACS.JCHEMED.1C00284>
- Zunaidah, A., Nathania, L., Nurichsania, N. A., & Indrawati, D. (2023). The Influence of Green Education on Sustainable Mindset in Business English Class.