



ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN E-LKPD BERORIENTASI SDGs UNTUK PENGUATAN KOMPETENSI BERPIKIR SISTEM DAN KESADARAN LINGKUNGAN

Ajeng Novikadila, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
Rr. Lis Permana Sari*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
*e-mail: lis_permana@uny.ac.id (*corresponding author*)

Abstrak. Pembelajaran kimia yang masih menekankan isi daripada proses akan menghambat tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). Langkah konkret yang dapat dilakukan untuk mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan yaitu dengan menerapkan pendekatan berpikir sistem. Salah satu model pendekatan berpikir sistem yang dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia adalah model tetrahedral Mahaffy. Model ini memiliki empat dimensi yaitu dimensi simbolik, molekuler, makroskopik, dan *human element*. Dengan adanya dimensi *human element* yang dikaitkan dengan isu-isu lingkungan, diharapkan dapat menguatkan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran lingkungan siswa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pentingnya penerapan pendekatan berpikir sistem model tetrahedral Mahaffy pada pembelajaran kimia dan mendeskripsikan kaitan antara model tetrahedral Mahaffy dengan kesadaran lingkungan siswa sehingga tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai di bidang pendidikan. Metode penelitian yang digunakan yaitu survey eksploratif. Hasil penelitian ini berupa analisis deskriptif tentang pentingnya pendekatan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia dan keterkaitan antara berpikir sistem dengan kesadaran lingkungan siswa. Berdasarkan penelitian ditemukan bahwa penerapan model tetrahedral Mahaffy dengan memuat isu lingkungan penting diterapkan dalam pembelajaran kimia yang dapat dimuat di LKPD dengan menggunakan model tetrahedral Mahaffy.

Kata kunci: *sustainable development goals (SDGs), kesadaran lingkungan, system thinking, e-LKPD, reaksi perkaratan*

ANALYSIS OF THE NEEDS FOR DEVELOPING SDGs-ORIENTED E-LKPD TO STRENGTHEN SYSTEMS THINKING COMPETENCE AND ENVIRONMENTAL AWARENESS

Abstract. Chemistry learning that still emphasizes content rather than process will hinder the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs). Concrete steps that can be taken to realize sustainable development goals are by applying a systems thinking approach. One of the systems thinking approach models that can be applied in chemistry learning is the Mahaffy tetrahedral model. This model has four dimensions, namely the symbolic, molecular, macroscopic, and human element dimensions. With the human element dimension associated with environmental issues, it is expected to strengthen students' systems thinking competencies and environmental awareness. This study aims to analyze the importance of applying Mahaffy's tetrahedral model systems thinking approach to chemistry learning and describe the link between Mahaffy's tetrahedral model and students' environmental

awareness so that sustainable development goals can be achieved in the field of education. The research method used is descriptive qualitative. The results of this study are descriptive analysis of the importance of the systems thinking approach in learning chemistry and the relationship between systems thinking and students' environmental awareness. Based on the research it was found that the application of Mahaffy's tetrahedral model by loading environmental issues is important to be applied in learning chemistry. One of the chemistry materials that can be included in the LKPD using the Mahaffy tetrahedral model is chemical reactions with the sub-material of rusting reactions.

Keywords: *sustainable development goals (SDGs), environmental awareness, system thinking, e-LKPD, rust reaction*

PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) yang diartikan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) merupakan tujuan global yang juga diterapkan di Indonesia. Salah satu upaya pemerintah untuk mencapai tujuan ke-4 SDGs adalah melakukan perubahan kebijakan kurikulum (Setiawati, 2022). Perubahan kurikulum ini, tentunya membawa beberapa perubahan dalam penerapan pembelajaran. Salah satu perubahan dalam Kurikulum Merdeka adalah satuan pendidikan dan pendidik diberikan kebebasan dalam menerapkan kurikulum disesuaikan dengan kemampuan siswa. Kurikulum Merdeka juga menekankan pembelajaran yang berpusat pada siswa, sehingga dibutuhkan media pembelajaran yang diharapkan dapat mendorong siswa aktif di kelas. Salah satu media pembelajaran yang dapat mendorong siswa aktif saat pembelajaran adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Hal ini sesuai dengan Permendikbud No.81A Kurikulum bahwa LKPD merupakan lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik, sehingga secara tidak langsung akan mendorong siswa untuk aktif dalam pembelajaran.

Capaian pembelajaran kimia dalam Kurikulum Merdeka diarahkan pada pencapaian SDGs. Menurut Mahaffy (2018) tantangan untuk mewujudkan berkelanjutan membutuhkan kolaborasi dari berbagai ilmu dengan mengadopsi pendekatan berpikir sistem. Model tetrahedral yang telah dikembangkan oleh Mahaffy yang menghubungkan antar level representasi mendukung kebermaknaan pembelajaran kimia. Model tetrahedral Mahaffy mencakup hubungan empat level representasi yaitu level makroskopik, simbolik, molekuler, dan elemen manusia. Indrayanti et al. (2020) menyebutkan bahwa representasi elemen manusia dalam model tetrahedral Mahaffy diharapkan dapat memudahkan siswa untuk merepresentasikan konsep kimia dalam peristiwa kehidupan sehari-hari.

Mahaffy et al. (2019) menemukan fakta bahwa dalam pembelajaran kimia masih banyak konsep yang terisolasi atau konsep teoritis yang kurang relevan atau kurang berkaitan dengan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Padahal, pemahaman siswa mengenai permasalahan yang ada di lingkungan atau permasalahan yang biasa ditemukan dalam keseharian siswa penting untuk mendukung tujuan dari SDGs. Berpikir sistem membantu siswa mengatur pikiran mereka dengan cara yang bermakna dan membuat hubungan antara masalah yang tampaknya tidak terkait menjadi saling berkaitan (Clark et al. 2017). Dengan demikian, perlu analisis yang lebih mendalam terhadap pentingnya pendekatan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia dan keterkaitan antara berpikir sistem dengan kesadaran lingkungan siswa yang dapat dikaitkan dengan masalah kehidupan sehari-hari dengan bantuan tetrahedral mahaffy sehingga dapat serta mendukung ketercapaian SDGs.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan metode survey eksploratif dan

kajian kepustakaan (*library research*). Menurut Zed (2008), kajian kepustakaan memanfaatkan sumber perpustakaan untuk mendapatkan data penelitian. Penelitian ini berusaha menggambarkan pentingnya pengembangan LKPD yang berorientasi SDGs untuk penguatan berpikir sistem dan kesadaran lingkungan siswa SMA Kelas X. Artikel ini menyoroti *human element* pada salah satu teknik berpikir sistem yaitu tetrahedron Mahaffy dengan dikaitkan pada kesadaran lingkungan.

Subjek Penelitian

Subjek pada penelitian ini diambil berdasarkan karakteristik *purposive sampling*. Subjek penelitian ini adalah guru kimia SMA, dimana SMA tersebut telah menerapkan Kurikulum Merdeka di kelas X. Partisipan dalam penelitian ini adalah lima guru kimia dari empat SMA di Kabupaten Klaten.

Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Metode pengumpulan data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan angket terbuka yang dibagikan kepada guru SMA di Kabupaten Klaten. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bersumber dari jurnal dan artikel ilmiah. Pengumpulan data sekunder ini dilakukan dengan pencarian jurnal-jurnal yang terkait dan relevan dengan topik penelitian yang kemudian diidentifikasi secara mendalam. Angket terbuka yang digunakan terdiri dari 15 butir pertanyaan yang dikelompokkan menjadi enam tema atau aspek yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Panduan Pertanyaan

No	Aspek	Jumlah Item	Nomor Item
1	Kurikulum Merdeka	2	1, 2
2	<i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs)	3	3, 4, 8
3	<i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs) dikaitkan dengan Kesadaran Lingkungan	1	5
4	<i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs) dikaitkan dengan <i>System Thinking</i>	2	6, 7
5	LKPD	5	9, 10, 11, 12, 13
6	LKPD dikaitkan dengan <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs), Kesadaran Lingkungan, dan <i>System Thinking</i>	2	14, 15

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis menggunakan teknik *interpretative content analysis* dengan menganalisis setiap pertanyaan. Oleh karena itu, dilakukan pengkodean dari setiap jawaban yang diperoleh sebagai proses analisisnya. Selain itu, dalam menggambarkan jumlah kode digunakan perhitungan statistika deskriptif untuk frekuensi dan persentase dari kode yang dipakai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Sihombing dan Marheni (2012) pembelajaran kimia yang hanya menekankan pada isi dan bukan pada proses merupakan kendala yang terjadi pada pembelajaran kimia di SMA. Hal inilah yang sebenarnya kurang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan. Salah satu tindakan konkret yang dapat memfokuskan tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan dalam pembelajaran kimia adalah dengan pendekatan berpikir sistem.

Menurut York, *et. al.*, (2019) berpikir sistem (*systems thinking*) adalah pendekatan

holistik dimana semua pihak terlibat dalam mendukung kemampuan siswa/manusia dalam menganalisa fenomena kompleks yang saling berhubungan. Pendekatan pembelajaran ini juga ditekankan pada kemampuan berpikir kritis, reflektif, logis dan kreatif (*High Thinking Skill*) dalam pemahaman situasi dunia nyata yang kompleks dan beragam. Siswa diarahkan untuk mengkaji fenomena yang berkaitan dengan fakta di kehidupan sehari-hari. Siswa kemudian diarahkan untuk menggabungkan rangkaian unsur-unsur dari fenomena yang disediakan dengan materi yang telah dipelajari maupun materi yang sedang dipelajari.

Salah satu pendekatan yang diakui secara luas sebagai cara yang efektif dalam membingkai ulang SDGs adalah pendekatan berpikir sistem. Tidak hanya membingkai ulang SDGs, namun pendekatan ini juga dapat dimanfaatkan untuk menyoroti integrasi SDGs dan merefleksikan konten materi ke arah penting untuk membangun masyarakat yang berkelanjutan. Berpikir sistem juga menawarkan pandangan yang lebih luas, khususnya tentang keberlangsungan pendidikan (Kioupi & Voulvoulis, 2019).

Berdasarkan uraian diatas, maka pembelajaran kimia yang berfokus pada keterampilan berpikir sistem perlu untuk dikembangkan. Salah satu cara mengintegrasikan keterampilan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia adalah dengan mendesain aktivitas siswa dalam LKPD yang akan memandu guru kimia tentang bagaimana harus menempatkan penekanan saat mengajarkan keterampilan berpikir sistem. Keterampilan tersebut nantinya juga digunakan oleh siswa dalam membangun representasi visual (sistem) dari suatu topik yang berkaitan dengan fenomena nyata kehidupan dan tantangan global sesuai SDGs. Hal ini didukung dengan analisis kebutuhan yang telah dilakukan oleh peneliti kepada guru kimia SMA. Analisis kebutuhan tersebut menggali terkait pentingnya pendekatan berpikir sistem dan kesadaran lingkungan dalam pembelajaran kimia untuk mewujudkan SDGs.

Angket yang digunakan memiliki 15 butir pertanyaan yang dikelompokkan menjadi enam aspek, yaitu (1) Kurikulum Merdeka, (2) *Sustainable Development Goals* (SDGs), (3) *Sustainable Development Goals* (SDGs) dikaitkan dengan Kesadaran Lingkungan (4) *Sustainable Development Goals* (SDGs) dikaitkan dengan *System Thinking*, (5) LKPD, dan (6) LKPD dikaitkan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), Kesadaran Lingkungan, dan *System Thinking*. Hasil analisis isi jawaban responden dijabarkan berdasarkan frekuensi dan persentase masing-masing butir pertanyaan.

Kurikulum Merdeka

Butir pertanyaan 1 (P1) dari angket penelitian ini digunakan untuk meyakinkan peneliti bahwa partisipan merupakan guru kimia dari SMA yang telah menerapkan Kurikulum Merdeka dalam pembelajarannya. Pertanyaan yang ditanyakan kepada guru kimia: “*Apakah sekolah sudah menerapkan pembelajaran dengan Kurikulum Merdeka?*”. Semua partisipan menjawab bahwa sekolah mereka telah menerapkan Kurikulum Merdeka, termasuk kelas X atau fase E. Hal ini sesuai dengan jawaban partisipan pada pertanyaan 2 (P2) yaitu: “*Apakah kelas X juga sudah menerapkan Kurikulum Merdeka?*”. Semua partisipan menjawab sudah menerapkan Kurikulum Merdeka untuk kelas X. Berdasarkan hasil dari P1 dan P2 menunjukkan bahwa partisipan dalam penelitian ini yaitu guru kimia SMA yang telah menerapkan Kurikulum Merdeka di kelas X.

***Sustainable Development Goals* (SDGs)**

Butir P4 menanyakan terkait SDGs dengan pertanyaan yang diajukan: “*Apakah Bapak/Ibu pernah menerapkan pembelajaran kimia berorientasi SDGs? Jika iya, materi apa saja yang pernah diterapkan dalam pembelajaran tersebut?*”. Jawaban partisipan pada pertanyaan ini dikelompokkan menjadi dua kode dengan persentase yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Jawaban dari P4

Kode	Persentase (%)
Pernah	60%
Belum pernah	40%

Berdasarkan Tabel 2. 60% guru kimia yang menjawab “*Pernah*” menerapkan pembelajaran yang berorientasi SDGs pada materi Kimia Hijau. Butir P3 dengan pertanyaan: “*Apakah Bapak/Ibu mengetahui tentang Sustainable Development Goals (SDGs)?*” menghasilkan jawaban yang sesuai dengan butir P4 yakni dikelompokkan menjadi dua kode seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jawaban dari P3

Kode	Persentase (%)
Tahu	60%
Tidak tahu	40%

Butir selanjutnya yaitu P8 dengan pertanyaan: “*Apakah Bapak/Ibu sudah mulai menerapkan pembelajaran berorientasi SDGs sebagai capaian pembelajaran kimia di fase E?*”. Berdasarkan pertanyaan ini sebanyak 60% guru kimia sudah mulai menerapkan pembelajaran kimia berorientasi SDGs di Fase E. Hal ini sesuai dengan jawaban pada P3 dan P4 yakni sebanyak 60% guru sudah mengetahui dan sudah menerapkan pembelajaran berorientasi SDGs.

Sustainable Development Goals (SDGs) dikaitkan dengan Kesadaran Lingkungan

Butir selanjutnya yaitu P5 berisi tentang SDGs yang dikaitkan dengan kesadaran lingkungan. Pertanyaan yang ditanyakan yaitu: “*Menurut Bapak/Ibu, apakah capaian SDGs tentang kesadaran lingkungan perlu diterapkan dalam pembelajaran kimia?*”. Jawaban partisipan pada pertanyaan ini dikelompokkan menjadi dua kode dengan persentase yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Jawaban dari P5

Kode	Persentase (%)
Perlu	80%
Tidak tahu	20%

Berdasarkan Tabel 4. tentang perlu tidaknya kesadaran lingkungan diterapkan dalam pembelajaran kimia menghasilkan jawaban yang cukup dominan adalah perlu. Menurut 80% guru kimia di beberapa SMA Kabupaten Klaten, kesadaran lingkungan perlu diterapkan dalam pembelajaran kimia. Hal ini juga didukung dengan data sekunder yang didapatkan oleh peneliti yaitu pada penelitian sebelumnya. Menurut Kieftiany (2023) kesadaran lingkungan dalam kimia dapat menciptakan dunia yang lebih berkelanjutan. Pendapatnya ini didasarkan pada hasil penelitiannya di mana praktik industri yang ramah lingkungan menjadi norma dan bahan kimia yang berpotensi negatif untuk lingkungan dapat dikurangi secara signifikan. Menurut Hasibuan (2016) pentingnya kesadaran lingkungan dalam kimia juga terletak pada pemahaman tentang dampak yang ditimbulkan oleh bahan kimia terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Bahan kimia berpotensi mencemari sumber daya air, udara, dan

tanah, serta menyebabkan kerusakan pada ekosistem alami. Limbah kimia yang tidak dikelola dengan baik dapat berdampak jangka panjang terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan manusia.

Sustainable Development Goals (SDGs) dikaitkan dengan System Thinking

Butir selanjutnya yaitu P6 berisi tentang SDGs yang dikaitkan dengan kesadaran lingkungan. Pertanyaan yang ditanyakan yaitu: “*Apakah Bapak/Ibu sering menerapkan pendekatan berpikir sistem (System Thinking) dalam pembelajaran kimia?*”. Jawaban partisipan pada pertanyaan ini dikelompokkan menjadi dua kode dengan persentase yang disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Jawaban dari P6

Kode	Persentase (%)
Sering	40%
Belum sering	60%

Berdasarkan Tabel 5. diketahui bahwa sebagian besar guru belum sering menerapkan pendekatan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia. Hasil dari pertanyaan tersebut 40% guru sering menggunakan pendekatan berpikir sistem, sedangkan 60% lainnya mengaku jarang menggunakan pendekatan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia. Butir selanjutnya yaitu P7 dengan pertanyaan: “*Menurut Bapak/Ibu, apakah capaian SDGs dengan pendekatan berpikir sistem (System Thinking) perlu diterapkan dalam pembelajaran kimia?*”. Jawaban partisipan pada pertanyaan ini dikelompokkan menjadi dua kode dengan persentase yang disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Jawaban dari P7

Kode	Persentase (%)
Perlu	80%
Tidak perlu	20%

Butir P7 yaitu tentang perlu tidaknya penerapan pendekatan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia menghasilkan jawaban dimana 80% guru merasa pendekatan berpikir sistem perlu digunakan untuk tercapainya SDGs dalam pembelajaran kimia. Data primer ini didukung dengan data sekunder yang didapatkan oleh peneliti yaitu penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Casnan et.al. Implementasi *system thinking* dalam proses pembelajaran dapat melatih siswa dan menciptakan lingkungan belajar yang aktif (Casnan et. al., 2023). Hal ini sesuai dengan tuntutan pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa sehingga diharapkan dapat mendorong siswa untuk aktif dalam kelas.

LKPD

Aspek ini memiliki lima pertanyaan yaitu P9, P10, P11, P12, dan P13. 100% guru kimia mengetahui tentang LKPD berdasarkan butir P9 dengan pertanyaan: “*Apakah Bapak/Ibu mengetahui tentang LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)?*”. Namun sebanyak 40% guru kimia belum mengetahui tentang LKPD elektronik. Hal ini berdasarkan jawaban dari butir P10. Ketidaktahuan guru terkait LKPD elektronik ini diperjelas pada jawaban butir P11 yaitu sebanyak 40% guru kimia belum pernah mengembangkan LKPD elektronik. Kesulitan ini kemudian diperjelas dengan beberapa jawaban guru pada butir P12 yang

bertanya terkait kendala guru dalam membuat LKPD elektronik, dengan beberapa jawaban berikut.

“Iya, kurang menguasai penggunaan perangkat digital”

“Kadang terkendala oleh sinyal / kuota”.

Meskipun 40% guru belum mengetahui dan belum mengembangkan LKPD elektronik, tetapi 100% guru sepakat bahwa LKPD elektronik penting untuk digunakan sebagai perangkat pembelajaran kimia agar pembelajaran dapat dilakukan secara *student centered* (pembelajaran yang berpusat pada siswa). Berdasarkan jawaban P13 disimpulkan bahwa guru perlu untuk menerapkan LKPD elektronik dalam pembelajaran, supaya pembelajaran lebih berpusat pada siswa. Hal ini sesuai dengan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa.

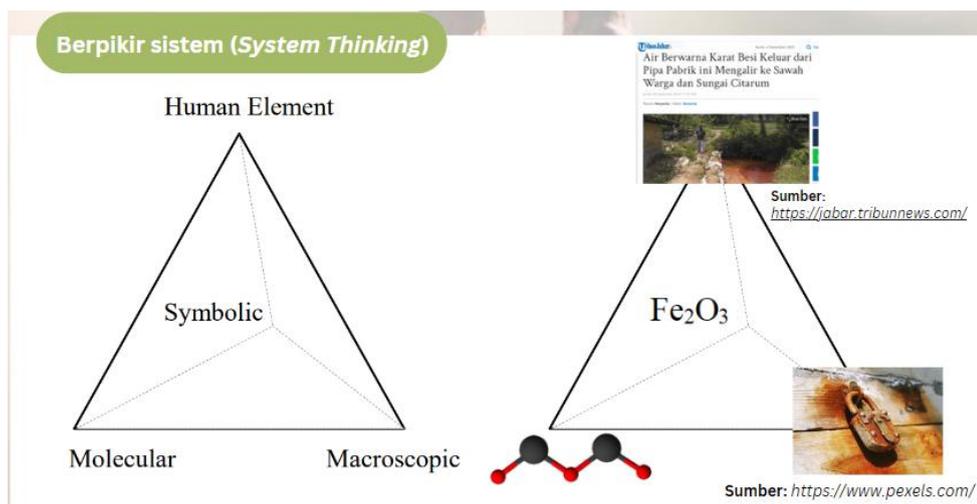
LKPD dikaitkan dengan Sustainable Development Goals (SDGs), Kesadaran Lingkungan, dan System Thinking

Butir P14 memiliki pertanyaan yaitu: “Menurut Bapak/Ibu apakah diperlukan untuk dilakukan pengembangan LKPD elektronik kimia yang sesuai dengan kurikulum merdeka berorientasi pada SDGs untuk penguatan berpikir sistem dan kesadaran lingkungan kelas X fase E semester genap?”. Berdasarkan pertanyaan tersebut 100% guru menganggap perlu dilakukan pengembangan LKPD elektronik kimia yang sesuai dengan kurikulum merdeka berorientasi pada SDGs untuk penguatan berpikir sistem dan kesadaran lingkungan kelas X fase E semester genap. Hal ini diperjelas dengan jawaban guru pada butir P15 tentang materi apa saja yang mungkin diperlukan untuk dikembangkan pada LKPD tersebut. Jawaban butir P15 dapat dikelompokkan menjadi tiga kode dengan persentase yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Jawaban dari P7

Kode	Persentase (%)
Reaksi kimia	60%
Hukum dasar kimia	20%
Konsep mol	20%

Materi yang dimuat dalam LKPD yang diharapkan oleh 60% guru adalah pada materi reaksi kimia. Materi ini dipilih karena peristiwa dalam kehidupan sehari-hari erat kaitannya dengan reaksi kimia. Reaksi kimia yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari adalah korosi pada alat-alat yang terbuat dari besi karena besi cenderung lebih mudah berkarat (Sianturi, Suyati, & Astuti, 2021). Setiap materi pembelajaran kimia yang dipelajari oleh siswa harus dikaitkan dengan peristiwa kimia yang ada di sekitarnya, supaya materi yang dipelajari akan selalu diingatkan dengan konteks kehidupan siswa sehingga kimia lebih mudah dipahami. Hal tersebut akan menguatkan minat mereka untuk mempelajari kimia secara berkelanjutan (Subagia, 2014). Berdasarkan pemilihan materi tersebut, penggunaan pendekatan berpikir sistem tetrahedron Mahaffy dalam LKPD dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh penggunaan tetrahedron Mahaffy dalam LKPD

Berdasarkan gambar diatas, *human element* dapat divisualisasikan dengan fenomena yang dekat dengan siswa yaitu fenomena air sungai yang berwarna seperti karat besi. Dimensi simbolik dituliskan secara jelas simbol dari besi yang telah teroksidasi atau yang disebut dengan besi oksida, dan bentuk molekuler digambarkan sesuai dengan molekul Fe_2O_3 , sedangkan untuk bentuk makroskopik dari karat besi dapat dicontohkan dengan gambar gembok berkarat. Pemilihan sungai yang tercemar karat besi untuk dimensi *human element* karena dalam fenomena tersebut tentunya terdapat campur tangan dari manusia itu sendiri. Penerapan tetrahedron Mahaffy yang dikaitkan dengan isu lingkungan diharapkan siswa dapat memberikan pendapatnya serta mengkonstruksi pemikirannya bahwa manusia berperan langsung dalam kesehatan lingkungan, sehingga muncul kesadaran lingkungan dalam pemikiran siswa. Penerapan tetrahedron Mahaffy juga diharapkan dapat memudahkan siswa untuk memahami materi kimia yang ternyata sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari.

SIMPULAN

Pendekatan berpikir sistem penting untuk diterapkan dalam pembelajaran kimia. Hal ini karena kurikulum merdeka menekankan pembelajaran berpusat pada siswa dan adanya aturan pemerintah yang mendukung tercapainya SDGs salah satunya di bidang pendidikan. Salah satu model berpikir sistem yang dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia adalah model tetrahedral Mahaffy. Model tetrahedral Mahaffy dipilih karena dalam model ini terdapat tambahan dimensi selain makroskopik, simbolik, dan molekuler. Dimensi tambahan ini adalah *human element*. Dengan adanya dimensi *human element* ini siswa menjadi lebih dapat memaknai pembelajaran. Dimensi *human element* dalam model tetrahedral Mahaffy dapat divisualisasikan oleh fenomena-fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang erat kaitannya dengan tindakan atau perbuatan manusia. Penggunaan fenomena sehari-hari termasuk isu dalam lingkungan diharapkan dapat menguatkan kesadaran lingkungan siswa untuk lebih peduli terhadap kesehatan lingkungannya. Penerapan model tetrahedral Mahaffy dengan memasukkan isu-isu lingkungan diharapkan dapat menguatkan kompetensi berpikir sistem siswa dan kesadaran lingkungan siswa, sehingga tujuan pembangunan berkelanjutan atau SDGs dapat terwujud. Berdasarkan survey eksploratif yang dilakukan dengan partisipan yaitu guru-guru di empat SMA di Kabupaten Klaten juga mengungkapkan bahwa penerapan model tetrahedral Mahaffy dengan memuat isu lingkungan penting diterapkan dalam pembelajaran kimia yang dapat dimuat di LKPD dengan menggunakan model tetrahedral Mahaffy. Keterbatasan dalam penelitian ini adalah partisipan yaitu hanya lima guru di empat

SMA tentunya masih kurang untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Saran yang dapat diajukan untuk penelitian berikutnya adalah partisipan atau responden untuk penelitian berikutnya sebaiknya lebih banyak, hal ini bertujuan untuk keakuratan data yang lebih baik dalam penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Casnan., Hadiana, O., Manan, N. A., Hermawan., & Hardiyanto, A. (2023). Learning innovation in Malaysia with a system thinking approach. *Abdimas Umtas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 1-8.
- Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R. (2017). Teaching systems thinking to 4 th and 5 th graders using Environmental Dashboard display technology, *Journal of Plos One*, 12, 1–11.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1), 42-52.
- Indrayanti, N. Y., Saputro, S., & Sungkar, R. L. (2020). Problem-solving and problem-posing learning model enriched with the multiple representation in tetrahedral chemistry to enhance students' conceptual understanding. *Edusains*, 12(1), 123-134. <https://doi.org/10.15408/es.v12i1.13282>
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan .2013.Permendikbud No.81 A Kurikulum
- Kieftiany, V. (2023). Pentingnya kesadaran lingkungan dalam kimia untuk menuju penggunaan bahan ramah lingkungan. *Nautical : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 02(4), 275-279.
- Kioupi & Voulvoulis. (2019). Education for sustainable development: a systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability*, 11 (21) 6104. <https://doi.org/10.3390/su11216104>.
- Mahaffy, P., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2018). Reorienting chemistry education through system thinking. *Nature Review : Chemistry*, 2(0126), 1-3.
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Holme, T. A., & MacKellar, J. (2019). System thinking for education about the molecular basis of sustainability. *Nature Sustainability*, 2(5), 362-370.
- Setiawati, F. (2022). Dampak kebijakan perubahan kurikulum terhadap pembelajaran di sekolah. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 07(1), 1-17.
- Sianturi, R. L., Suyati, L., & Astuti, Y. (2021). Korosi besi dengan elektrolit H₂SO₄ dan karakterisasi produk. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 5(1), 1-4.
- Sihombing, S. N., Marheni, M. (2012). Analisis kebutuhan dalam pembelajaran kimia untuk pengembangan bahan ajar kimia SMP di DKI Jakarta. *JRPK J Ris Pendidik Kim*, 2(1), 119-126.
- Subagia, I. W. (2014). *Paradigma baru pembelajaran kimia SMA*. Paper presented at Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA IV. From file:///C:/Users/I%20T%20E%20L/Downloads/semnasmipa,+artikel16(152-163).pdf
- Wiranta, I. M. R. A., & Sujana, I. W. (2021). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis pemecahan masalah kontekstual materi masalah sosial kelas IV SD. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 4(1), 30-38.
- York, et. al. 2019. Application of system thinking in STEM education. *Journal of Chemical Education*, Vol. 96, Issue 12, pages 2679-3044, Doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00261.
- Zed, M. (2008). *Metode penelitian kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia