

PENGEMBANGAN EKONOMI KREATIF BAGI SISWA MELALUI PEMBUATAN SUSU BERBAHAN BIJI-BIJIAN DALAM PEMBELAJARAN GREEN CHEMISTRY MENGUNAKAN MODEL C-R-E-A-T-E BERBASIS DL-ESD-AI

Wawan Wahyu, Ali Kusrijadi, Asep Suryatna

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Email: wawan_wahyu@upi.edu, ali_koes@yahoo.co.id, pesa@upi.edu

Abstract

The urgency of developing the creative economy through the world of education is increasing in line with the Society 5.0 Era and the demands of the 21st century that emphasize innovative skills, sustainability, and technological literacy. This paper aims to examine the effectiveness of green chemistry learning in building students' entrepreneurial spirit through a project to make milk from grains with the application of the C-R-E-A-T-E (Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating) model based on Deep Learning (DL), Education for Sustainable Development (ESD), and Artificial Intelligence (AI). This research uses the Design-based Research (DbR) method which is carried out in four iterative cycles. The subjects of the study were 20 high school students in the city of Bandung who were selected purposively. The instruments used include TCOF (Teaching for Creativity Observation Form) to assess the dimensions of teachers' creative pedagogy, as well as observation sheets of student activities and involvement in the learning process. Data is collected through direct observation, product documentation, and interviews. Data processing is carried out in a qualitative descriptive manner with thematic analysis to identify patterns of creativity, understanding of green chemistry concepts, and the economic potential of products made by students as a source of inspiration for creative economy development. The results of the study show that the integration of the DL-ESD-AI-based C-R-E-A-T-E model is able to increase student active engagement, encourage multidimensional creativity (ecological, social, and technological), and produce plant-based dairy products that are nutritionally viable and have a selling value. This study recommends strengthening project-based curriculum and teacher training to support the creative economy in the educational environment.

Keywords: *creative economy, green chemistry, DL-ESD-AI-based C-R-E-A-T-E model, grain-based milk*

Abstrak

Urgensi pengembangan ekonomi kreatif melalui dunia pendidikan semakin meningkat seiring dengan Era Society 5.0 serta tuntutan abad ke-21 yang menekankan keterampilan inovatif, keberlanjutan, dan literasi teknologi. Makalah ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pembelajaran green chemistry dalam membangun jiwa kewirausahaan siswa melalui proyek pembuatan susu berbahan biji-bijian dengan penerapan model C-R-E-A-T-E (Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating) berbasis Deep Learning (DL), Education for Sustainable Development (ESD), dan Artificial Intelligence (AI). Penelitian ini menggunakan metode Design-based Research (DbR) yang dilaksanakan dalam empat siklus iteratif. Subjek penelitian adalah 20 siswa SMA di Kota Bandung yang dipilih secara purposive. Instrumen yang digunakan meliputi TCOF (Teaching for Creativity Observation Form) untuk menilai dimensi pedagogi kreatif guru, serta lembar observasi aktivitas dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, dokumentasi produk, dan wawancara. Pengolahan data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola kreativitas, pemahaman konsep kimia hijau, dan potensi ekonomi produk yang dibuat oleh siswa sebagai

sumber inspirasi pengembangan ekonomi kreatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi model CR-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI mampu meningkatkan keterlibatan aktif siswa, mendorong kreativitas multidimensi (ekologis, sosial, dan teknologi), serta menghasilkan produk susu nabati yang layak secara nutrisi dan bernilai jual. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kurikulum berbasis proyek dan pelatihan guru untuk mendukung ekonomi kreatif di lingkungan pendidikan.

Kata kunci: ekonomi kreatif, green chemistry, Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI, susu berbahan biji-bijian

1. PENDAHULUAN

Di era *Society 5.0*, pendidikan dituntut untuk tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga membekali peserta didik dengan keterampilan abad ke-21 melalui pembelajaran yang berpusat pada siswa (Adauyah & Nurfina, 2024; Alo *et al.*, 2024; Chaudhary, 2024). Tantangan seperti krisis lingkungan, ketimpangan ekonomi, dan disrupsi teknologi menuntut pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual, transformatif, dan berkelanjutan. Tantangan ini perlu segera diatasi terutama ketimpangan ekonomi yang perlu mendapat perhatian secara serius. Untuk itu, pengembangan ekonomi kreatif bagi siswa (Anjani, 2023) merupakan upaya nyata yang perlu ditanamkan kepada generasi muda sejak dini.

Green Chemistry atau kimia hijau (Rundgreen & Yamada, 2024) menjadi pendekatan penting dalam pendidikan sains karena menekankan prinsip ramah lingkungan, efisiensi sumber daya, dan pengurangan limbah. Penerapan *Green Chemistry* dalam pembelajaran dapat membentuk kesadaran ekologis siswa sekaligus mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan dalam praktik ilmiah. Upaya ini sangat berpotensi dalam mengembangkan sumber daya alam menjadi memiliki nilai jual tinggi yang selama ini menjadi limbah yang terbuang, misalnya biji-bijian seperti biji nangka, biji campedak, biji durian, biji sukun, dan biji kluwih yang sebenarnya masih memiliki nutrisi yang penting bagi tubuh.

Ekonomi kreatif (Silviana *et al.*, 2024) merupakan sektor yang tumbuh pesat dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan di sekolah. Melalui kegiatan produktif berbasis inovasi dan kreativitas, siswa dapat dilatih untuk menciptakan produk bernilai ekonomi yang juga berkontribusi pada pembangunan lokal dan nasional. Biji-bijian yang selama ini terbuang memiliki kandungan gizi tinggi dan dapat diolah menjadi susu nabati yang sehat dan ramah lingkungan. Produk ini tidak hanya menjadi alternatif bagi susu hewani, tetapi juga membuka peluang bisnis berbasis pangan fungsional yang dapat dikembangkan oleh siswa.

Penelitian terbaru (Wahyu & Kusrijadi, 2024) menunjukkan bahwa biji-bijian seperti biji nangka, durian, campedak, sukun, dan kluwih di Indonesia masih sering terbuang sebagai limbah, meskipun memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Biji-bijian ini kaya akan protein, serat, karbohidrat kompleks, serta mineral penting seperti kalsium dan fosfor. Sayangnya, rendahnya pemanfaatan disebabkan oleh kurangnya informasi dan teknologi pengolahan yang tepat. Padahal, potensi biji-bijian ini sangat besar untuk dijadikan bahan pangan alternatif, seperti susu, tepung, atau produk brownis olahan bernilai ekonomi. Pemanfaatan biji lokal ini dapat mendukung ketahanan pangan dan

mengurangi limbah organik secara signifikan serta sangat potensial untuk bahan *home industry* yang mengembangkan ekonomi kreatif.

DL (*Deep Learning*), ESD (*Education for Sustainable Development*), dan AI (*Artificial Intelligence*) merupakan pendekatan mutakhir yang dapat memperkuat proses pembelajaran (Ginancar, 2023; Robert, 2024; Singh & Yadav, 2025; Yang *et al.*, 2025). DL memungkinkan pemahaman mendalam, ESD menanamkan nilai keberlanjutan, dan AI mendukung personalisasi serta efisiensi pembelajaran. Ketiga hal ini memiliki potensi yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran untuk menginspirasi siswa mengembangkan ekonomi kreatif (Yuliana, 2024).

Model C-R-E-A-T-E (*Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating*) merupakan langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek yang mendorong siswa berpikir kritis dan membuat karya kreatif yang menunjang ekonomi kreatif (Wahyu *et al.*, 2020; Wahyu & Kusrijadi, 2022; Wahyu & Kusrijadi, 2024). Model ini sangat relevan untuk mengembangkan proyek berbasis *Green Chemistry* dan ekonomi kreatif. Dalam setiap langkah Model C-R-E-A-T-E yang berbasis DL-ESD-AI, siswa dituntut untuk memiliki aktivitas nyata dalam mengembangkan kreativitasnya dalam membuat karya yang dapat menunjang ekonomi kreatif (Nugraha, 2022).

Pembelajaran yang mengaitkan konsep ilmiah dengan produk nyata seperti susu berbahan biji-bijian dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa. Kegiatan ini juga memberi ruang bagi siswa untuk berinovasi, berwirausaha, dan berkontribusi terhadap isu-isu lingkungan dan sosial (Nguyen, 2024). Oleh karena itu, pembelajaran kimia yang terkait pembuatan produk perlu diarahkan agar siswa diberi pengalaman nyata dalam membuat produk berupa karya kreatif yang menunjang ekonomi kreatif. Melalui proyek pembuatan susu berbahan biji-bijian, siswa tidak hanya belajar kimia, tetapi juga mengembangkan karakter seperti tanggung jawab, kerja sama, mandiri, dan memiliki jiwa kewirausahaan. Selain itu, mereka dilatih untuk berpikir bisnis dan memahami proses produksi, pemasaran, serta nilai tambah produk.

Penelitian ini sejalan dengan beberapa tujuan terkait *Sustainability Development Goals* (SDGs), seperti **pendidikan berkualitas** (Tujuan SDGs nomor 4), **pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi** (Tujuan SDGs nomor 8), serta **konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab** (Tujuan SDGs nomor 12). Melalui pendekatan ESD dan SDGs ini (Rundgreen & Yamada, 2024), siswa menjadi agen perubahan yang aktif, kreatif, dan sadar lingkungan. Untuk itu, dalam kegiatan pembelajaran kimia perlu memperhatikan bahan-bahan yang ramah lingkungan sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yang berpotensi dalam mengembangkan ekonomi kreatif (Silviana *et al.*, 2024).

Dengan menggabungkan *Green Chemistry*, ekonomi kreatif, dan teknologi dalam pembelajaran Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI, penelitian ini diharapkan dapat menjadi model pembelajaran transformatif yang aplikatif. Tugas proyek yang diberikan kepada siswa menghasilkan karya berbasis ekonomi kreatif. Hasilnya tidak hanya

meningkatkan kompetensi siswa, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru yang berkelanjutan dan berbasis lokal.

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1. Ekonomi Kreatif dalam Pendidikan

Ekonomi kreatif merupakan sektor yang mengandalkan kreativitas, inovasi, dan keterampilan sebagai sumber daya utama. Dalam konteks pendidikan, pengembangan ekonomi kreatif bertujuan untuk membekali siswa dengan kemampuan berwirausaha berbasis ide dan produk yang bernilai tambah. Menurut Ramadhan (2024), ekonomi kreatif mencakup berbagai bidang seperti kuliner, desain, dan teknologi, yang dapat diintegrasikan dalam pembelajaran untuk meningkatkan relevansi dan keterampilan hidup siswa.

Ekonomi kreatif dapat diintegrasikan dalam pembelajaran kimia melalui proyek pembuatan susu nabati berbahan biji-bijian seperti kedelai, biji bunga matahari, atau biji sukun. Kegiatan ini tidak hanya mengajarkan konsep kimia seperti koloid, ekstraksi, dan analisis nutrisi, tetapi juga mendorong inovasi produk berbasis potensi lokal. Siswa dilatih untuk berpikir kreatif, mengembangkan formulasi, dan mengevaluasi kualitas produk secara ilmiah. Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan relevan terhadap kebutuhan masyarakat, sekaligus membuka peluang kewirausahaan berbasis ilmu pengetahuan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Siswa juga perlu dibekali dengan strategi pemasaran dari produk kreatif yang dibuatnya (Rahmania, 2022; Safitri & Nisa, 2024)

2.2. *Green Chemistry* sebagai Pendekatan Pembelajaran

Green Chemistry adalah pendekatan kimia yang berfokus pada desain produk dan proses yang mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan pembentukan zat berbahaya. Edwards *et al.* (2024) merumuskan 12 prinsip *Green Chemistry* yang dapat diterapkan dalam pendidikan untuk membentuk kesadaran lingkungan dan praktik ilmiah yang berkelanjutan. Dalam pembelajaran, pendekatan ini mendorong siswa untuk berpikir kritis terhadap dampak lingkungan dari eksperimen dan produk yang mereka hasilkan.

Dua belas prinsip *green chemistry* yang dikembangkan oleh Edwards *et al.* (2024) menekankan pentingnya desain proses kimia yang aman, efisien, dan ramah lingkungan. Prinsip-prinsip ini mencakup pencegahan limbah, penggunaan bahan baku terbarukan, dan pengurangan toksisitas. Dalam pembelajaran kimia, penerapan prinsip ini mendorong siswa untuk berpikir kritis dan bertanggung jawab terhadap dampak lingkungan dari eksperimen laboratorium. Praktikum berbasis *green chemistry* mengajarkan cara mengganti bahan berbahaya dengan alternatif yang lebih aman, serta mengurangi limbah dan konsumsi energi. Hal ini memperkuat kesadaran ekologis dan etika ilmiah peserta didik

2.3. Susu Nabati Berbasis Biji-Bijian sebagai Produk Kreatif dan Inovatif

Susu nabati dari biji-bijian menjadi alternatif sehat dan ramah lingkungan dari susu hewani dapat digunakan dalam pemanfaatan bahan alami dalam pembelajaran kimia (Wahyu & Kusrijadi, 2024). Fakta menunjukkan bahwa susu nabati memiliki potensi pasar yang tinggi karena kandungan nutrisi dan keberlanjutannya. Produk ini juga dapat dijadikan media pembelajaran yang menggabungkan sains, teknologi pangan, dan kewirausahaan. Biji-bijian biasanya menjadi limbah dapur yang terbuang, padahal bila diolah dapat memiliki nilai jual yang tinggi (Lahdi & Abdedaim, 2024; Li *et al.*, 2025). Integrasi pembuatan karya kreatif dalam pembelajaran dapat mengembangkan kreativitas peserta didik (Mustadi *et al.*, 2024).

2.4. Model Pembelajaran C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI

Model C-R-E-A-T-E (*Connecting, Restructuring, Elaborating, Applying, Tasking, Evaluating*) berbasis DL-ESD-AI merupakan langkah-langkah pembelajaran konstruktivisme (Kim & Kim, 2024) berbasis proyek (Suryani *et al.*, 2024) yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan kontekstual. Dengan mengintegrasikan *Deep Learning* (DL), *Education for Sustainable Development* (ESD), dan *Artificial Intelligence* (AI), model ini menumbuhkan kreativitas peserta didik melalui eksplorasi ide, pemecahan masalah, dan penciptaan produk kreatif dan inovatif agar pendidikan berkualitas dapat diwujudkan (Elfaizi & Zahra, 2024). Dalam konteks ekonomi kreatif di sekolah, model ini memungkinkan siswa mengembangkan karya berbasis potensi lokal, seperti produk ramah lingkungan atau teknologi sederhana, yang bernilai jual. Hasilnya, pembelajaran menjadi lebih bermakna, aplikatif, dan berorientasi masa depan. Model C-R-E-A-T-E ini dikembangkan oleh Wahyu *et al.* (2024) sebagai model pembelajaran yang menggunakan pendekatan berbasis masalah (Kaur & O'grady, 2024) mendorong siswa untuk memahami proses berpikir kreatif yang menunjang pembelajaran mendalam (Smirani & Yamani, 2024; Suwandia & Sulastri, 2024). Model ini cocok untuk pembelajaran berbasis proyek dan eksplorasi, seperti pembuatan produk susu biji-bijian, karena menekankan analisis data, pengujian hipotesis, dan perencanaan eksperimen lanjutan.

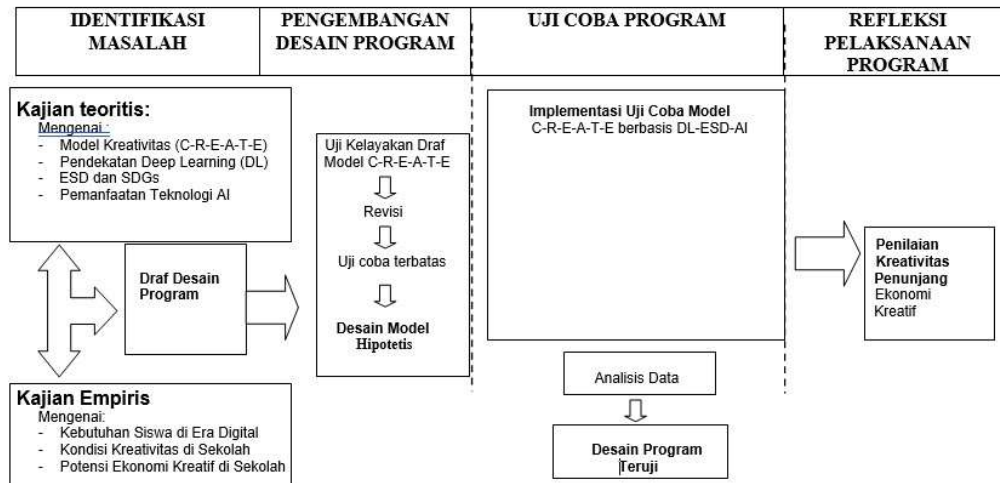
Deep Learning dalam konteks pedagogis bukan sekadar teknologi, tetapi pendekatan pembelajaran yang menekankan pemahaman mendalam, refleksi, dan koneksi antar konsep. Menurut Smirani & Yamani (2024), siswa yang menerapkan strategi deep learning cenderung memiliki pemahaman konseptual yang lebih kuat dan mampu menerapkan pengetahuan dalam konteks baru. Integrasi DL dalam model C-R-EA-T-E memperkuat proses berpikir ilmiah dan kreatif siswa. ESD adalah pendekatan pendidikan yang bertujuan membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan. UNESCO menekankan pentingnya ESD dalam membentuk warga global yang sadar lingkungan dan sosial. Dalam penelitian ini, ESD menjadi landasan untuk mengintegrasikan isu keberlanjutan

dalam pembelajaran kimia dan pengembangan produk kreatif. Artificial Intelligence (AI) dalam pendidikan berfungsi sebagai alat bantu untuk personalisasi pembelajaran, analisis data siswa, dan pengembangan konten adaptif. Menurut Singh & Yadav (2025), AI dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran dengan memberikan umpan balik real-time dan mendukung pembelajaran berbasis proyek. Dalam konteks penelitian ini, AI digunakan untuk mendukung proses pembelajaran berbasis DL dan ESD secara lebih dinamis. Dalam hal ini menuntut guru lebih kompeten dalam menunaikan tugasnya (Hutasuhut *et al*, 2025).

Pembelajaran kontekstual mengaitkan materi pelajaran kimia dengan kehidupan nyata siswa. Produk susu biji-bijian menjadi media yang relevan untuk mengajarkan konsep kimia, biologi, dan ekonomi secara terpadu. Menurut Kafka & Papageogiou (2025), pembelajaran kontekstual meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa karena mereka melihat langsung manfaat dari apa yang mereka pelajari. Integrasi kewirausahaan dalam pembelajaran kimia melalui model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI bertujuan untuk membentuk siswa yang kreatif, inovatif, dan mandiri secara ekonomi menuntut kreativitas guru selama kegiatan pembelajaran (Ivashchenko & Dvoynikovaonru, 2024). Menurut Ilhami (2024), pendidikan kewirausahaan harus dimulai sejak dini dan berbasis pengalaman langsung. Pembuatan dan pemasaran produk susu berbahan biji-bijian memberi siswa pengalaman nyata dalam merancang, memproduksi, dan menjual produk berbasis sains. Penelitian ini menggabungkan berbagai disiplin ilmu (kimia, teknologi pangan, ekonomi, dan teknologi pendidikan) dalam satu kerangka pembelajaran. Pendekatan multidisipliner ini sejalan dengan tuntutan pendidikan di era modern yang menekankan integrasi dan kolaborasi. Dengan menerapkan model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI dalam kegiatan pembelajaran (Wahyu & Oktiani, 2024), siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis dan sosial yang relevan dengan dunia kerja dan kehidupan nyata (Kurniawan, 2024).

3. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Design-based Research (DbR) meliputi 4 tahap (Plomp & Nieveen, 2017; Van den Akker, 2010)), yakni (1) identifikasi masalah; (2) pengembangan program; (3) uji coba program, dan (4) refleksi pelaksanaan program seperti tampak pada **Gambar 1**. Partisipan penelitian adalah 20 siswa SMA di Kota Bandung sebagai subjek penelitian yang dipilih secara *purposive sampling*, 1 orang guru kimia, dan 3 orang observer yang mengobservasi kegiatan guru dan kegiatan siswa dalam mengembangkan kreativitasnya. Siswa dikelompokkan menjadi 5 kelompok (@4 orang per kelompok). Instrumen yang digunakan untuk menilai kreativitas (Al-Abdali & Al-Balushi, 2016) adalah TCOF (*Teaching Creativity Observation Form*), format observasi aktivitas siswa, format penilaian karya kreatif, dan pedoman wawancara.

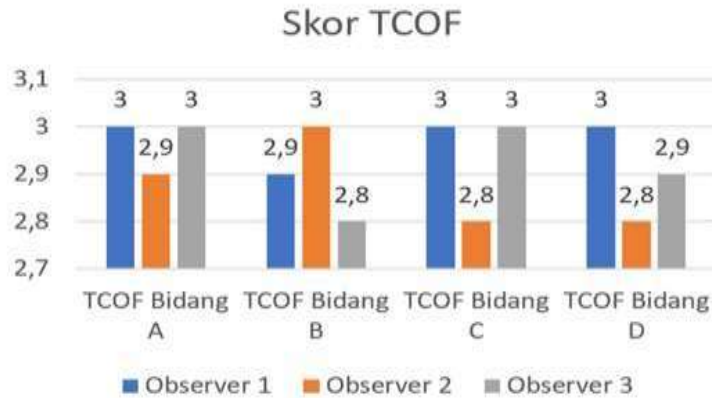


Gambar 1. Alur Pelaksanaan Kegiatan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Observasi Kegiatan Pembelajaran dan Wawancara

Hasil kegiatan berupa perolehan skor TCOF yang menilai aspek kreativitas dalam penerapan model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI dari observer 1, Observer 2, dan observer 3. Observasi melalui TCOF ada 4 bidang, yaitu: Bidang A (Strategi Guru dalam Mengembangkan Kreativitas Siswa), Bidang B (Respon berupa Kreativitas Siswa selama mengikuti aktivitas belajar), Bidang C (Aktivitas Siswa ketika Mengerjakan Tugas Proyek Membuat Karya Kreatif), dan Bidang D (Metode Penilaian Karya Kreatif yang Digunakan dalam Pembelajaran). Dalam penilaian TCOF, kategori penilaian meliputi: Kategori Baik (Skor 3), Kategori Sedang (Skor 2), dan Kategori Kurang (Skor 1). Hasil Penilaian Kreativitas melalui TCOF dapat dilihat dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Penilaian Kreativitas melalui TCOF

Hasil penilaian terhadap karya kreatif siswa berupa pembuatan susu berbahan bijibijian dapat dilihat dalam **Tabel 1**. Ada 5 jenis susu berbahan biji-bian, yaitu : Susu Biji Nangka (Kelompok 1), Susu Biji Durian (Kelompok 2), Susus Biji Campedak (Kelompok 3), Susu Biji Sukun (Kelompok 4), dan Susu Biji Kluwih (Kelompok 5). Biji-bijian yang digunakan oleh siswa tersebut tampak dalam **Gambar 3**.

Kegiatan pembelajaran menggunakan Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI dilakukan sebanyak 3 kali pertemuan, yaitu Pertemuan 1 selama 2 jam pelajaran (2 x 45 menit) secara luring guru melaksanakan Tahap *Connecting* (C), Tahap *Restructuring* (R) dan Tahap *Elaborating* (E). Tahap berikutnya adalah Tahap *Tasking* (T) dilakukan secara daring untuk memonitoring kegiatan siswa ketika mengerjakan tugas proyek di rumah dilakukan selama 2 jam pelajaran (2 x 45 menit). Tahap terakhir adalah Tahap *Evaluating* (E) selama 2 jam pelajaran (2 x 45 menit) secara luring diisi dengan presentasi tugas proyek kelompok siswa secara bergiliran untuk melakukan penilaian terhadap karya kreatif yang dibuat disertai juga wawancara tentang pengembangan ekonomi kreatif.

Tabel 1. Hasil Penilaian Susu berbahan Biji-bijian

No	Kelompok Siswa	Skor	Keterangan
1	Kelompok Susu Biji Nangka	95*	Sangat Baik
2	Kelompok Susu Biji Durian	90*	Sangat Baik
3	Kelompok Susu Biji Campedak	90*	Sangat Baik
4	Kelompok Susu Biji Sukun	80*	Baik
5	Kelompok Susu Biji Kluwih	80*	Baik

*) Kekentalan, Rasa, Kreasi Warna & Kemasan



Gambar 3. Biji-bijian sebagai Bahan Susu Nabati



Gambar 4. Implementasi Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI

Hasil observasi terhadap implementasi Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI, tampak bahwa guru berperan sebagai fasilitator menggunakan pendekatan Deep Learning (DL), pencapaian 3 tujuan SDGs (no. 4, 8, dan 12), dan pemanfaatan Teknologi AI. Kegiatan siswa dipandu dengan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang disertakan tugas terstruktur untuk mencari informasi melalui AI lalu mendiskusikan hasil pencariannya agar tidak terjadi kesalahpahaman (guru mengkonfirmasi hasil pencarian siswa), hal ini sebagai dasar dalam pengerjaan tugas proyek siswa yang mengembangkan ekonomi kreatif. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dalam **Gambar 4**.

4.2 Pembahasan Hasil Implementasi Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI

4.2.1 Tahap *Connecting* (C)

Tahapan awal ini berdurasi 20 menit berfokus pada keterhubungan ide dan eksplorasi sumber daya lokal. Siswa melalui pemanfaatan Teknologi AI berhasil mengidentifikasi potensi biji-bijian tropis yang selama ini dianggap limbah dapur, seperti biji nangka dan biji durian, sebagai bahan dasar alternatif pembuatan susu nabati. Melalui pendekatan *deep learning*, terjalin koneksi antara isu keberlanjutan (ESD dan SDGs), pengurangan limbah organik, dan kebutuhan akan produk susu non-hewani. Berdasarkan hasil penilaian TCOF, pencapaian pada tahap ini tergolong baik (rentang skor: 2,8-3,0) karena menunjukkan kemampuan mengaitkan pengetahuan lama dengan konteks baru secara relevan dan bermakna (*meaningful learning*).

4.2.2 Tahap *Restructuring* (R)

Pada tahap ini berdurasi 20 menit dilakukan restrukturisasi, ide awal diolah ulang dengan pendekatan ilmiah dan teknis. Siswa melakukan pemetaan kandungan nutrisi dari masing-masing biji, lalu merancang formula dasar susu nabati yang seimbang. Proses ini melibatkan penghilangan senyawa antinutrisi melalui teknik perebusan dan fermentasi ringan. Biji kluwih dan sukun, misalnya, diolah dengan metode enzimatik untuk meningkatkan kelarutan protein. TCOF menilai tahap ini berkategori baik (rentang skor: 2,8-3,0) karena peserta menunjukkan kemampuan mengubah struktur ide mentah menjadi rancangan yang logis dan dapat diuji secara ilmiah.

4.2.3 Tahap *Elaborating* (E)

Pada tahap ini berdurasi 20 menit dilakukan proses elaborasi yang menekankan pengembangan ide secara mendalam dan kreatif. Seluruh siswa dalam setiap kelompoknya mengembangkan lima macam biji-bijian yang dapat diolah menjadi susu nabati, masing-masing dengan karakteristik masing-masing. Siswa juga merancang prosedur pengolahan susu nabati berbahan biji-bijian dengan memanfaatkan Teknologi AI, dengan menerapkan prinsip-prinsip kimia ramah lingkungan (memenuhi ESD dan SDGs). Pencapaian kategori baik (skor: 2,8-3,0) pada tahap ini tercermin dari kemampuan memperkaya ide yang mengarah ke tindakan kreatif dan produktif, sesuai indikator TCOF.

4.2.4 Tahap *Applying* (A)

Dalam tahap ini berdurasi 30 menit dilakukan penerapan ide dilakukan melalui uji coba prosedur pembuatan susu nabati berbahan biji-bijian untuk memperoleh prosedur yang teroptimasi. Prosedur ini dikonfirmasi oleh guru sebagai prosedur baku dalam mengerjakan tugas proyek susu nabati dengan bahan biji-bijian yang ditentukan oleh siswa sendiri tanpa intervensi dari guru. Guru memberikan tugas terstruktur seperti yang sudah diberikan di dalam LKPD yang menjadi panduan kerja kelompok siswa dalam melakukan tugas proyek di rumah. TCOF mengategorikan tahap ini sebagai pencapaian

baik (skor: 2,8-3,0) karena menunjukkan kemampuan menerapkan ide dalam konteks nyata dan menghasilkan dampak langsung.

4.2.5 Tahap *Tasking* (T)

Tahap penugasan berupa pemberian tugas proyek berdurasi 90 menit secara daring melibatkan pembagian peran dan tanggung jawab siswa dalam setiap kelompoknya secara efektif. Setiap kelompok diberikan tugas proyek berupa: pemilihan biji-bijian dalam limbah dapur, pembuatan susu nabati berdasarkan prosedur yang telah dioptimasi dalam tahap sebelumnya, mengkreasi variasi warna dan rasa susu dengan perisa yang aman dan berbahan alami, mendesain kemasan susu, dan menjelaskan strategi pemasaran untuk mengembangkan ekonomi kreatif. Kolaborasi siswa dalam setiap kelompoknya berjalan lancar ketika mengerjakan tugas proyek yang memperoleh *monitoring* dari guru secara daring. Setiap kelompok juga menyusun laporan tugas proyek, membuat bahan presentasi, mengedit video kegiatan, dan mendokumentasikan hasil kegiatannya yang akan dipresentasikan dalam tahap berikutnya secara luring di kelas. Pada tahap ini dilakukan evaluasi pencapaian kreativitas dan penilaian terhadap karya kreatif berupa susu berbahan biji-bijian yang menjadi produk pengembangan ekonomi kreatif. Berdasarkan tinjauan TCOF, pencapaian pada tahap ini tergolong baik (skor: 2,8-3,0) karena menunjukkan kemampuan mengorganisasi tugas secara sistematis dan kolaboratif.

4.2.6 Tahap *Evaluating* (E)

Evaluasi dilakukan dalam durasi 90 menit melalui presentasi masing-masing kelompok siswa secara bergiliran disertai diskusi dan tanya-jawab. Diberikan juga wawancara tentang rencana tindakan lanjut untuk mengembangkan ekonomi kreatif dalam masyarakat, misalnya rencana mendirikan *home industry*. Hasilnya menunjukkan bahwa susu berbahan biji-bijian (biji nagka, biji duian, biji campedak, biji sukun, dan biji kluwih) memiliki kadar protein dan serat yang kompetitif serta kandungan kalsium beserta mineral penting bagi tubuh dibandingkan susu kedelai yang lebih mahal, serta susu berbahan biji-bijian ini lebih mampu mengatasi limbah lingkungan menjadi bernilai jual tinggi. Melalui kegiatan ini, pengalaman siswa membuat karya kreatif menjadi tindakan nyata dalam mengembangkan ekonomi kreatif melalui pembelajaran kimia. TCOF menilai tahap ini sebagai pencapaian baik (skor: 2,8-3,0) karena menunjukkan kemampuan reflektif, analitis, dan berorientasi pada peningkatan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Integrasi konsep *Green Chemistry* dalam Model C-R-E-A-T-E berbasis DL-ESD-AI melalui proyek pembuatan susu berbahan biji-bijian terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap prinsip kimia ramah lingkungan, mendorong siswa berpikir kreatif dan memiliki jiwa kewirausahaan yang mendorong pengembangan ekonomi kreatif di sekolah. Siswa di era digital mampu mengaitkan teori dengan praktik nyata yang

relevan dengan isu keberlanjutan dan pengembangan teknologi dalam pembelajaran melalui pendekatan pembelajaran secara mendalam (*deep learning*).

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan pendidikan yang berorientasi pada keberlanjutan dan ekonomi kreatif. Siswa tidak hanya menjadi pembelajar, tetapi juga pencipta solusi dan agen perubahan terkait pengembangan ekonomi kreatif. Disarankan agar Model C-R-E-A-T-E berbasis DLESD-AI dikembangkan dalam topik-topik pembelajaran lainnya yang sesuai dengan tuntutan pengembangan ekonomi kreatif di Indonesia.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pendidikan Indonesia (LPPM UPI) atas dukungan pendanaan yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Tanpa kontribusi dan kepercayaan dari LPPM UPI, pengembangan model pembelajaran berbasis *Green Chemistry* dan ekonomi kreatif ini tidak akan dapat terlaksana secara optimal.

Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Jakarta (LPPM UNJ) yang telah memberikan ruang dan kesempatan untuk mempresentasikan hasil penelitian ini dalam forum Seminar Nasional. Kegiatan tersebut menjadi wadah yang sangat berharga untuk berbagi gagasan, mendapatkan masukan konstruktif, serta memperluas jejaring akademik dalam bidang pendidikan berkelanjutan dan inovasi pembelajaran.

Semoga sinergi antara lembaga, peneliti, dan praktisi pendidikan terus terjalin demi kemajuan ilmu pengetahuan dan peningkatan kualitas pembelajaran di Indonesia.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Adauyah, R. & Nurfina, A. (2024) Guided Inquiry Learning Model in Chemistry Education: A Systematic Review, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* Vol 10 No 3, pp 77-87. <https://doi:10.29303/jppipa.v10i3.6373>.
- Al-Abdali, N. S., & Al-Balushi, S. M. (2016). Teaching for Creativity by Science Teachers in Grades 5–10. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 251–268. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9612-3>
- Allo, E. L., Cahyani, V.P. & Ruslan, Z.A. (2024) Quality of Discovery Learning-Based Chemistry Learning Tools Developed by Chemistry Teacher Candidates, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, Vol 10 No 10, pp 7332-7342. <https://doi:10.29303/jppipa.v10i10.858>.
- Anjani, D. (2023). Economic Recovery Strategies through The Creative Economy PostPandemic Impact. *Islamic Economics Review Journal*, 5(2), 112–125. <https://doi.org/10.18502/ie-review.v5i2.11234>

- Chaudhary, S., (2024) Challenges in student centered learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, Vol 12 No 7), pp 983-86. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.63702>
- Edwards, D. B., Asadullah, M.N. & Webb, A. (2024) "Critical perspectives at the midpoint of Sustainable Development Goal 4: Quality education for all— progress, persistent gaps, problematic paradigms, and the path to 2030, *International Journal of Educational Development* Vol 107 No 1, pp 103031. <https://doi:10.1016/j.ijedudev.2024.103031>
- Elfaizi, Y., & Zahra, E.A. (2024) Inclusion between Equality and Equity: A Balance Model to an Equitable Quality Education for All, *International Journal of English Language Studies* Vol 6 No. 3, pp 42-52. <https://doi:10.32996/ijels.2024.6.3.7>
- Ginanjar, G. (2023). Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif. *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 27–40. <https://doi.org/10.21787/jskp.v2i1.217>
- Hutasuhut, S., Siagian, I., Silaban, H., Sitio, F., Silalahi, H. H., Naibaho, H. S., & Lahagu, P. H. (2025). Kesejahteraan Guru di Indonesia. *Future Academia : The Journal of Multidisciplinary Research on Scientific and Advanced*, Vol 3 No 1, pp 227-235. <https://doi.org/10.61579/future.v3i1.277>
- Ilhami, M. R. (2024). Pemasaran Digital Tenun Songket Buleleng Bali. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 49–57. <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/bernas/article/view/6976>
- Ivashchenko, T. A., and Dvoynikovaonru, E.S.. (2024) Theoretical analysis of the definition of Creative Pedagogy, *Vestnik Majkopskogo Gosudarstvennogo Tehnologiceskogo Universiteta*, Vol 1 No 3, pp 58-66. <https://doi:10.47370/2078-1024-2023-15-3-58-66>
- Kafka, D., and Papageorgiou, T. (2025) "The Pedagogy of Skills in the 21st Century: Practices for Integrating Them into the Teaching Process." *Creative Education* 16, No. 01, 56-70. <https://doi:10.4236/ce.2025.161004>
- Kaur, K. C., & O'grady, A. (2024) Problem-Based Learning; An Exploration of Student Engagement among Hong Kong Chinese Senior Secondary Students, *Open Journal of Social Sciences*, Vol 12 No 07, pp 76-93. <https://doi:10.4236/jss.2024.127007>
- Kim, H. & Kim, S. (2024) Exploring pre-service chemistry teachers' beliefs related to traditionalist and constructivist approaches to teaching and learning, *Journal of Field-based Lesson Studies* Vol 5 No 2, pp 1-21. <https://doi:10.22768/jfls.2024.5.2.1>.
- Kurniawan, T. (2024). Strategi Pengembangan Ekonomi Kreatif Berbasis Digital dalam Meningkatkan Daya Tarik Wisata di Kabupaten Toraja Utara. *SEIKO: Journal*

- of Management & Business, 7(1), 55–68.
<https://doi.org/10.31227/seiko.v7i1.6819>
- Lahdi, S. & Abdedaim, K. (2024) The integration of creative writing as literary and visual arts pedagogy in teacher education programs. *IMAGO Interculturalité et Didactique*, Vol 23 No 2, pp. 284-293.
- Li, Mi., and Mu, A. (2025) Implementation Creative-Based Learning on Enhancing the Innovative Abilities of Education Students, *Journal of Ecohumanism* Vol 4 No 1, pp 1353 – 1360. <https://doi:10.62754/joe.v4i1.5942>.
- Mustadi, A., Ghufon, A., and Fakhrudin, A. (2024) Promoting students' critical thinking and creativity through TPACK based flipped classroom learning model in higher education, *Edelweiss Applied Science and Technology*, Vol 8 No 5, pp 1249-1259. <https://doi:10.55214/25768484.v8i5.1828>.
- Nguyen, H. (2024) "Teaching preservice teachers to do research: an action research study." *ELT Journal* 78, no 3, pp 308-317. <https://doi:10.1093/elt/ccae006>.
- Nugraha, N. Y. (2022). Pengaruh Tingkat Pendidikan, Modal dan Teknologi terhadap Daya Saing UMKM di Kecamatan Sawan. *Jurnal Pendidikan Ekonomi Undiksha*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.23887/jpeu.v14i1.12345>
- Plomp, T. & Nieveen, N. (2017). An Introduction to Educational Design Research. https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/14472302/Introduction_20to_20education_20design_20research.pdf
- Rachmania, R. (2022). Marketing Strategy in Increasing Competitiveness in SMEs Processed with Chips in Kebonwaris Village. *Management Studies and Entrepreneurship Journal*, 3(2), 506–516.
<http://journal.yrpiiku.com/index.php/msej/article/view/3246>
- Ramadhan, K. R. (2024). Financial Performance of MSMEs: Effects of Financial Inclusion, E-Commerce Use, Education, and Product Innovation. *ICEMAT 2023 Proceedings*, 1, 97–109. <https://doi.org/10.2991/icemat.2023.97>
- Robert, J. (2024) AI in Education How Teachers & Educators Can Create Personalized Lesson Plans, Provide Real-Time Feedback, and Help Students Reach Their Full Potential Using Artificial Intelligence, *MadTown: Raleigh*
- Rundgren, S. C., & Yamada, N. (2024) Does Teacher Training of ESD Help In-service Teachers to Implement ESD in School, *Journal of Education for Sustainable Development* Vol 17 No. 2, pp 131-161.
<https://doi:10.1177/09734082241233130>.
- Silviana, D. R., Wahyudi, A., Anwar, G. S., & Kamila, O. N. (2024). Strategi Pengembangan Sektor Industri Kreatif dalam Mendorong Pertumbuhan Ekonomi Nasional. *CEMERLANG: Jurnal Manajemen dan Ekonomi Bisnis*, 4(3), 274–288. <https://doi.org/10.31227/cemerlang.v4i3.2024>
- Singh, K., & Yadav, M., (2025) Prognosis of artificial intelligence in education, *LatIA*, Vol 3 No 107, pp 1-9

- Smirani, L. K. & Yamani, H. A., (2024) Enhancing personalized learning with deep learning in Saudi Arabian universities. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, Vol 11 No 7, pp 166-175.
- Suryani, O., Sari, T.K., Riga, R., Mawardi, M., Yuhelman, N., Nasra, E., Velly, A. & Rahmad, N.Y. (2024) The Chemistry Teacher Activities on The Training of Project Based Learning Teaching Materials Digitalisation, *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia* Vol 12 No 6, 1302. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v12i6.13495>.
- Suwandia, P. R., & Sulastri, S. (2024) Inovasi Pendidikan dengan Menggunakan Model Deep Learning di Indonesia, *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan dan Politik (JPKP)* Vol 2 No 2, pp: 69-77
- Syafitri, A. D. A., & Nisa, F. L. (2024). Perkembangan serta Peran Ekonomi Kreatif di Indonesia dari Masa ke Masa. *Jurnal Ekonomi Bisnis dan Manajemen*, 2(3), 189–198. <https://doi.org/10.31227/jebm.v2i3.2024>
- Van den Akker (2010). *An Introduction to Educational design research*. The Netherlands: Netzdruk, Enchede. Tersedia: <http://www.slo.nl/organisatie/international/publication> (12 Januari 2013)
- Wahyu, W. & Kusrijadi, A. (2022). Analisis Kreativitas Siswa SMA melalui Model Pembelajaran C-R-E-A-T-E . *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23 (04), 1673-1682.
- Wahyu, W., Oktiani, R., & Komalia, K. (2020). Effectiveness of C-R-E-A-T-E model on building student creativity in making natural voltaic cells. In *Borderless Education as a Challenge in the 5.0 Society* (pp. 288-291).
- Wahyu, W., & Kusrijadi, A. (2024). The Effectiveness Of CREATE Model Through TCOF in Making Natural Voltaic Cell to Build High School Students' Creativity. In *9th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar (MSCEIS 2023)* (pp. 339-346). Atlantis Press.
- Wahyu, W., & Kusrijadi, A. (2024). Pemanfaatan Bahan Alami Ramah Lingkungan dalam Pembelajaran Sel Volta melalui Model CREATE untuk Membangun Kreativitas Siswa. *Kimia Padjadjaran*, 2(2), 53-64.
- Wahyu, W., & Oktiani, R. (2024). In-House Training Program and Socialization of the CREATE Model for Teachers throughout Purwakarta Regency [Program InHouse Training dan Sosialisasi Model CREATE untuk Guru-guru sekabupaten Purwakarta]. *Jurnal Pengabdian Isola*, 3(2), 194-201.
- Yang, J., Tan, J., Wang, H., Chen, G., Wu, S., & Zhao, J. (2025), Shift guided active learning. *Machine Learning*, 114(2). <https://doi.org/10.1007/s10994-02406684-y>
- Yuliana, S. (2024). Implementasi Teknologi Informasi dan Manajemen Usaha UMKM Ecoprint untuk Peningkatan Daya Saing. *Jurnal Teknologi dan Bisnis*, 5(11), 88–99. <https://doi.org/10.31227/jtb.v5i11.2024>