

Project Penanganan Sampah Masker berbasis STEM Pada Topik Pencemaran Lingkungan Terhadap *Creative and Critical Thinking* Siswa SMA

Ima Husnul Khotimah, Slamet Hariyadi*, Bevo Wahono

Universitas Jember, Jl. Kalimantan No 37 Kampus Tegalboto, Sumsbersari, Jember, Jawa Timur, Indonesia

* corresponding author | email : s.hariyadi.fkip@unej.ac.id

Received: 10 Januari 2024

Accepted: 20 Februari 2024

Published: 28 Februari 2024

ABSTRAK

doi <https://dx.doi.org/10.17977/um052v15i1p95-109>

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis STEM pada topik pencemaran lingkungan terhadap *creative and critical thinking* siswa SMA. Permasalahan sampah masker di Indonesia sepanjang pandemi COVID-19 jumlahnya meningkat 30% hingga 50%. Sampah masker seringkali ditemukan di TPS dengan volume yang terus bertambah. Masalah sampah masker memerlukan adanya sinergitas berbagai elemen masyarakat dengan peran yang berbeda-beda. Adanya institusi Pendidikan (sekolah) memiliki peran penting dalam memberikan kontribusi besar untuk memulai gerakan penanganan sampah masker. Memadukan model PjBL berbasis STEM efektif untuk menangani masalah sampah masker yang dapat memunculkan *creative and critical thinking* yang baik. Jenis penelitian ini *quasi eksperiment* menggunakan dua kelas uji dengan *pretest-posttest control group design*. Tahapan penelitian dimulai merumuskan masalah hingga menarik kesimpulan dengan hasil penelitian kelas eksperimen memiliki tingkat *creative and critical thinking* kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol kategori sedang. Rekomendasi dari penelitian ini diharapkan model PjBL-STEM dapat diterapkan dalam pembelajaran Biologi agar siswa terlatih keterampilan *creative and critical thinking*.

Kata Kunci : *Creative Thinking, Critical Thinking, Pencemaran Lingkungan, PjBL-STEM*

This study aims to determine the effect of the STEM-based Project-Based Learning (PjBL) model on the topic of environmental pollution on the creative and critical thinking of high school students. The problem of mask waste in Indonesia during the COVID-19 pandemic has increased by 30% to 50%. Mask waste is often found in TPS with an increasing volume. The mask waste problem requires the synergy of various elements of society with different roles. Educational institutions (schools) have an important role in making a major contribution to starting a movement to handle mask waste. Combining the STEM-based PjBL model is effective for handling the mask waste problem, which can bring out good creative and critical thinking. This type of research is a quasi-experiment using two test classes with a pretest-posttest control group design. The research stages begin to formulate the problem until drawing conclusions with the results of the experimental class research having a high level of creative and critical thinking, while the control class is in the medium category. Recommendations from this study are expected that the PjBL-STEM model can be applied in learning biology so that students are trained in creative and critical thinking skills.

Keywords : *Creative Thinking, Critical Thinking, Environmental pollution, PjBL-STEM*

Pandemi Covid-19 menjadi era terjadinya kemerosotan sistem dari berbagai kegiatan sektor di seluruh dunia. Dampak buruk yang terjadi adalah berubahnya tatanan sistem sosial masyarakat hingga



berpengaruh terhadap lingkungan secara global. Penggunaan Alat Perlindungan Diri (APD) secara masif digunakan oleh seluruh elemen masyarakat baik yang sakit maupun sehat, salah satu contohnya penggunaan masker medis. Penggunaan yang masif ini menyebabkan peningkatan volume sampah bagi lingkungan secara terus-menerus, hal ini sangat memperburuk sistem pengelolaan sampah secara global. Sistem pengelolaan sampah di berbagai negara berkembang belum memenuhi standar pengelolaan yang baik (Abbasi & Sicakyüz, 2024). Peningkatan penggunaan masker secara masif sebagai bentuk preventif dengan pengelolaan sampah yang rendah menyebabkan jumlah sampah yang bermuara ke lautan akan meningkat tajam. Muara sampah masker yang berakhir di wilayah perairan global di 46 negara mencatat sekitar 0,15 hingga 0,39 juta ton sampah dalam kurun waktu satu tahun. Indonesia memberikan kontribusi yang besar pada timbunan sampah masker ini sebesar 17,46%, sementara Jepang dan Filipina hanya 8%. Volume sampah masker yang ada di wilayah Asia (1,51 juta ton) lebih tinggi dibandingkan negara-negara di Eropa (0,48 juta ton). Selain sampah yang terus menumpuk sistem pengelolaan sampah di negara-negara Asia juga tidak sebaik negara-negara Eropa (Chowdhury et al., 2021)

Pencemaran lingkungan sebagai akibat dari aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari dari berbagai sektor menyumbang berbagai penumpukan sampah salah satunya sampah masker medis (Corne, 2022). Pandemi Covid-19 menjadi era pelonjakan penggunaan masker medis secara besar-besaran karena kebijakan pemerintah dalam upaya menekan merebaknya virus Covid-19 di masyarakat (WHO, 2020). Penggunaan masker medis memiliki tingkat keefektifan mampu menghambat infeksi virus penyakit pernapasan dan mampu memproteksi di atas angka 90% sehingga sebagian besar masyarakat memilih menggunakannya (Atmojo et al., 2020). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia mencatat terjadi peningkatan jumlah sampah masker medis di Indonesia mencapai angka 30% hingga 50% sepanjang pandemi Covid-19 (Ameridya et al., 2021). Deputy Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik LIPI mengatakan sampah masker medis seringkali ditemukan di Tempat Pembuangan Sampah (TPS) dengan volume yang terus meningkat setiap harinya dengan jumlah total limbah sebanyak 1.662,75 ton hanya rentang bulan Maret-September 2020. Sampah yang terus menumpuk tanpa adanya penanganan yang tepat akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Data tersebut menjelaskan kemungkinan besar jumlah penumpukan sampah di bulan-bulan berikutnya akan bertambah volumenya (Nua, 2021). Status Pandemi yang berubah menjadi Endemi membuat pemerintah Indonesia melonggarkan kewajiban penggunaan masker diruang terbuka secara berkala hingga pencabutan penggunaan masker dalam berbagai aktifitas publik yang tertuang dalam Surat Edaran No. 1 Tahun 2023 tentang Protokol Kesehatan pada Masa Transisi Endemi *Corona Virus Disease 2019* (Covid-19) (Asmarini, 2023).

Penggunaan masker medis tidak berhenti sampai disini, banyak masyarakat di berbagai elemen masih menggunakan masker hingga tahun 2023 sebagai akibat dari kebiasaan baru. Kebiasaan masih menggunakan masker di sebagian masyarakat memiliki berbagai alasan yang berbeda-beda diantaranya, lebih percaya diri dalam mengeksperikan sesuatu, merasa ada yang hilang jika masker dilepas, dapat terhindar dari polusi udara, terhindar dari dampak negatif dari paparan radikal bebas sinar matahari bahkan dijadikan sebagai fashion dan aksesoris pelengkap diri (Sanjaya & Nugroho, 2023). Kebiasaan baru seperti ini akan menyumbang penumpukan sampah masker secara terus-menerus dengan skala yang lebih besar (Siagian, 2022). Kasus Covid-19 kembali mencuat di beberapa pekan terakhir pada bulan November 2023. Data yang dipaparkan oleh Kementerian Kesehatan mencatat per 6 Desember 2023 bertambah 35-40 kasus harian aktif. Kasus yang kembali aktif di Indonesia dengan jenis subvariant Omicron XBB 1.5, subvariant EG2 dan EG5 namun, jumlah kasus aktif ini masih tergolong rendah dibandingkan gelombang kasus Covid-19 ditahun pandemi. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melakukan pencegahan agar tidak terjadi gelombang baru Covid-19 dengan mengimbau seluruh masyarakat kembali menerapkan protokol kesehatan utamanya dalam menggunakan masker saat melakukan aktifitas diluar demi mencegah adanya penularan dari supect positif (Rokom, 2023). Selain sebagai trend fashion, masker tetap menjadi barang wajib yang harus digunakan oleh para peneliti di Laboratorium, kegiatan di fasilitas layanan Kesehatan (fasyankes) dan aktifitas yang membutuhkan perlindungan diri untuk mencegah berbagai paparan

seperti halnya debu. Kegiatan yang terus mewajibkan menggunakan masker ini akan menyumbang penumpukan sampah masker yang sangat besar setiap harinya. Sampah masker yang tidak ditangani dengan baik saat terjadinya pandemic Covid-19 tentu memberikan dampak buruk bagi lingkungan, salah satunya terjadinya polusi. Hal ini disebabkan komponen dalam sampah masker tersebut (Chowdhury et al., 2021). Komponen plastik yang berkategori HDPE (*High Density Polyethylene*) dalam bahan masker sangat sulit terurai bahkan membutuhkan waktu yang sangat lama hingga ratusan tahun untuk dapat terurai dengan tanah (Pauer et al., 2020). Kelompok Bank Dunia mencatat jumlah sampah yang dihasilkan sebesar 3,32 juta ton dengan persentase 15% adalah jenis sampah plastik dan mencapai 85% sampah yang tidak diolah (Calvin et al., 2023). Penumpukan sampah ini jika tetap berada di lingkungan tersebut tanpa penanganan dalam jangka waktu yang panjang. Sampah masker berserakan di pantai-pantai di seluruh dunia memperlihatkan adanya kelemahan infrastruktur pada pengelolaan limbahnya. Kondisi penumpukan dan pengelolaan sampah seperti ini memerlukan sinergitas pengelolaan kebijakan lokal/nasional bahkan internasional untuk memperbaiki kebijakan dalam sistem pengelolaan sampah masker tersebut (Chowdhury et al., 2021).

Masalah sampah ini memerlukan adanya sinergitas di berbagai elemen masyarakat dengan peran yang berbeda-beda. Adanya institusi Pendidikan (sekolah) memiliki peran penting dalam memberikan kontribusi besar untuk memulai gerakan penanganan sampah masker yang dikonversi dalam pembelajaran dengan model *Project-Based Learning* (PjBL). Gerakan ini melatih siswa untuk peduli terhadap lingkungan, menjaga kelestarian lingkungan dan dapat memunculkan kemampuan *creative thinking* dan *critical thinking* berdasarkan pengalaman dan pengetahuan yang dimilikinya (Jannah et al., 2021). Model PjBL merupakan salah satu model pembelajaran di kurikulum merdeka yang membentuk pola pikir siswa menjadi pribadi yang lebih kritis, kreatif, peka terhadap isu-isu faktual (Nugrohadi & Anwar, 2022). Model pembelajaran ini berguna untuk mengoptimalkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan *problem solving* dan pengambilan keputusan yang tepat sasaran. Pemantik pertanyaan yang diberikan diawal pembelajaran menjadi tahapan pertama dari keterlaksanaannya proses pembelajaran ini. Pertanyaan yang di munculkan menjadi sarana eksplorasi data, pengetahuan dan pengalaman belajar yang pernah dilalui oleh siswa (Siburian et al., 2022). Siswa diarahkan untuk merencanakan proyek dengan melakukan eksplorasi data, membentuk tim dan mengkreasikan pelaksanaan proyek kemudian mengimplementasikan proyek bersama tim berdasarkan data dengan mengkombinasikan hasil analisis informasi, mendokumentasikan seluruh rangkaian kegiatan yang menghasilkan final proyek untuk dapat di pertanggungjawabkan sehingga dapat bertukar informasi satu sama lain berdasarkan pengalaman, pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang telah dilaluinya (Mardiyanti et al., 2022). Proses pembelajaran ini sangat mendukung terciptanya SDM unggul yang siap menghadapi era revolusi industri 4.0 (Nugrohadi & Anwar, 2022) karena pembelajarannya berkaitan langsung dengan masalah faktual.

Aktivitas belajar yang dimulai dari permasalahan nyata untuk kemudian diberikan solusi berbasis sains, teknologi, rekayasa dan matematika merupakan ciri dari STEM (Mu'minah & Aripin, 2019). Pembelajaran berbasis STEM sangat penting untuk diterapkan dalam pendidikan utamanya pendidikan sains. Pembelajaran ini dapat mengasah pemahaman konseptual yang dimiliki, dapat mengkolaborasikan pengetahuan multi disiplin, dapat mengasah keterampilan *creative and critical thinking* siswa (Wahono et al., 2021) sehingga dalam melakukan pemecahan masalah siswa dapat menganalisa situasi dan kondisi dengan baik dan tepat sasaran, mampu memunculkan hipotesis, melakukan penyelidikan terhadap pengetahuan baru yang didapatkan serta mengevaluasi seluruh rangkaian proses yang telah dilakukan (Mulyani, 2019). Belajar dengan konsep STEM menjadikan siswa mampu menemukan, merancang inovasi baru yang relevan dengan kondisi saat ini, mampu memosisikan diri untuk bersikap subyektif dengan bekal olah pikir secara logis dan rasional, serta memiliki penguasaan yang baik terhadap teknologi (Ferdiansyah, 2015). Penerapan STEM di dunia pendidikan memiliki kontribusi positif bagi siswa. STEM menjadi salah satu cara untuk meningkatkan *creative thinking* dan *critical thinking* siswa melalui beragam kegiatan dengan memperhitungkan sains, teknologi, teknik dan matematika. Permasalahan lingkungan yang terjadi saat ini dengan menumpuknya sampah masker sangat tepat diatasi dengan STEM. Pernyataan ini dikuatkan oleh (Herak

& Hadung Lamanepa, 2019) bahwa STEM dapat berkembang jika dikaitkan dengan masalah lingkungan salah satu contoh pembelajaran sains yang berkaitan dengan lingkungan terdapat dalam materi pencemaran lingkungan, sehingga dalam menganalisis permasalahan siswa lebih mudah menemukan solusi karena masalah tersebut erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. STEM memberikan kontribusi nyata bagi siswa untuk siap menghadapi dunia kerja dimasa yang akan datang.

Model pembelajaran PjBL berbasis STEM dapat meningkatkan dan mengasah keterampilan abad-21 seperti *creative thinking*, *critical thinking*, komunikasi, kerja sama, penguasaan terhadap teknologi dan komunikasi. Ditambahkan dalam penelitian (Yanti & Novaliyosi, 2023) bahwa model pembelajaran PjBL berciri khas pembelajaran *problem solving* yang menghubungkan pengetahuan dan konteks nyata dalam kehidupan sehari-hari. Siswa diajarkan untuk menggunakan pengetahuan sebagai dasar pemecahan masalah yang selanjutnya siswa menjadi terampil dalam menghadapi berbagai variasi permasalahan dimasa yang akan datang. Aktivitas STEM dalam merealisasikan pola pikir yang terbagi atas empat disiplin ilmu yaitu berpikir dengan cara *Science, Technology, Mathematics and Engineering* mendukung mengkonstruksikan pengetahuan yang telah dimiliki oleh siswa, hal ini menjadikan siswa dalam memecahan masalah menjadi lebih terperinci, fokus dan tepat sasaran. Berdasarkan permasalahan sampah masker yang terus bertambah setiap harinya dan sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari dibutuhkan suatu model pembelajaran proyek yaitu PjBL dengan pola berfikir berbasis STEM adalah sebuah kombinasi yang tepat. Kombinasi ini membuat siswa menjadi lebih paham mengenai konsep permasalahan yang sedang dihadapi dan cara menyelesaikannya. Pembiasaan yang terus dilakukan secara berulang-ulang membuat pola pikir siswa menjadi terbiasa dalam mengkonstruksikan sebuah solusi atas masalah yang ada (Roslina et al., 2022). Berdasarkan penelitian (Mamahit et al., 2020) pembelajaran model PjBL yang dipadukan dengan STEM dapat memunculkan keterampilan *creative thinking* yang baik, hal ini merupakan cara efektif untuk menangani suatu proyek permasalahan sehari-hari dengan memberikan arahan kepada siswa untuk menghasilkan suatu produk yang kreatif, inovatif dan solutif dengan mendaur ulang sampah menjadi barang yang dapat dimanfaatkan kembali melalui proses pembelajaran berdasarkan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki secara kritis. Mendaur ulang berarti mengolah sampah atau barang yang tidak berguna melalui tahapan proses pengelolaan (Arisona, 2018). Tahapan proses pengelolaan dimulai dari proses merubah sampah masker menjadi material yang lebih kecil baik dengan digunting, di cacah menjadi fiber, dilelehkan menjadi serpihan atau diblender menjadi serbuk, kemudian dilanjutkan ke tahap pengolahan menjadi barang-barang yang dapat digunakan kembali (Tantiono & Kattu, 2022). Hasil uraian yang telah dipaparkan maka peneliti mencoba untuk merancang penelitian dengan judul "*Project* penanganan Sampah Masker Berbasis STEM Pada Topik Pencemaran Lingkungan Terhadap *Creative and Critical Thinking* Siswa SMA".

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah *quasi experiment* yaitu penelitian dengan membandingkan dua kelompok kelas yang telah diberikan perlakuan berbeda. Populasi dan sampel dari penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X dengan dua kelas uji yang terbagi dalam satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol berdasarkan uji homogenitas berbantuan aplikasi SPSS-for windows versi 25 dan uji normalitas data berdasarkan nilai Ujian Akhir Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2022/2023. Penelitian ini menerapkan Model *Project-Based Learning* (PjBL) Berbasis STEM untuk kelas Eksperimen dan Model *Problem Based-Learning* (PBL) untuk kelas kontrol. Lokasi yang dipilih adalah SMAN 2 Jember Jl. Jawa 16 Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Waktu penelitian dilaksanakan di semester genap Tahun Pelajaran 2022/2023. Desain Penelitian ini adalah *pretest-posttest control group design* seperti yang terdapat dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelas	Pre-test	Pembelajaran	Post-test
E	O1	X1	O2
K	O3	X2	O4

(Meidiyanti et al., 2021).

Keterangan:

- E : Kelas eksperimen
- K : Kelas kontrol
- O1 : Hasil pre-test kelas eksperimen
- O2 : Hasil post-test kelas eksperimen
- O3 : Hasil *pre-test* kelas kontrol
- O4 : Hasil *post-test* kelas kontrol
- X1 : Pembelajaran model *Project-Based Learning* berbasis STEM
- X2 : Pembelajaran model *Problem-Based Learning*

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara saat observasi guna pengambilan data terkait model pembelajaran yang biasa digunakan saat proses pembelajaran berlangsung dilanjutkan dengan observasi, dokumentasi dan pemberian tes dengan tipe soal berupa *essay* tentang topik pencemaran lingkungan yang mengacu pada indikator penilaian *creative and critical thinking* dengan pembagian *pre-test* (sebelum perlakuan) dan *post-test* (setelah perlakuan). Teknik pengolahan data menggunakan analisis uji *descriptive statistic* untuk memaparkan dan menggambarkan hasil data penelitian secara jelas dan rinci (Talaku et al., 2020), uji *statistic* parametrik t-test untuk menguji hipotesis penelitian dengan taraf signifikansi $P < 0,05$ yang dinyatakan terdapat perbedaan perlakuan (Tarumasely, 2020). Terakhir dilakukannya Uji N-Gain untuk mengukur kemampuan siswa pada pertemuan pertama dan pertemuan terakhir dengan score gain (Ramdhani et al., 2020). Adapun rumus perhitungan N-Gain menurut (Hake, 2002) adalah sebagai berikut:

$$(g) = \frac{(Skor\ post) - (Skor\ pre)}{100 - (Skor\ pre)}$$

Keterangan:

- (g) : Faktor gain
- (Spre) : Skor rata-rata test awal (pretest)
- (Spst) : Skor rata-rata test akhir (posttest)

Perolehan nilai rata-rata N-gain yang telah didapati kemudian diinterpretasikan berdasarkan Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kriteria Interpretasi standar N-Gain score

Interval Koefisien	Kriteria
N-Gain $\geq 0,7$	Tinggi
$0,3 < \text{N-Gain} < 0,7$	Sedang
N-Gain $\leq 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data melalui wawancara saat observasi membantu peneliti untuk mengetahui proses pembelajaran yang dilakukan guru dan untuk merumuskan model pembelajaran yang tepat melalui kegiatan pembelajaran proyek penanganan sampah masker berbasis STEM. Hasil dari wawancara dengan guru dapat diketahui bahwa SMA Negeri 2 Jember sudah mulai menerapkan kurikulum merdeka sejak 2021 dan menerapkan penilaian profil pancasila seperti *creative and critical*.

Pengaruh Model PjBL Berbasis STEM Terhadap *Creative Thinking*

Creative thinking setiap siswa memiliki hasil yang berbeda-beda berdasarkan perolehan hasil belajar yang telah dicapai melalui kegiatan *pre-test* (sebelum perlakuan) dan *post-test* (sesudah perlakuan) dan dikelompokkan berdasarkan kategori rendah, sedang dan tinggi. Kegiatan *pre-test* dan *post-test* berdasarkan jumlah 4 soal *essay* materi pencemaran lingkungan dengan ketentuan indikator

penilaian berdasarkan Guilford pada tahun 1950 tentang kepekaan kreativitas terhadap masalah (Markov, 2017). Hasil yang didapatkan siswa menunjukkan adanya peningkatan rata-rata sebelum perlakuan dan sesudah diterapkannya perlakuan. Nilai rata-rata *creative thinking* menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki *creative thinking* lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol seperti yang tertera pada Tabel 3:

Tabel 3. Nilai Rata-rata Indikator *Creative Thinking*

No	Indikator <i>Creative Thinking</i>	Rata-rata ± SD			
		Kelas Ekperimen		Kelas Kontrol	
		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
1	Fluency	45,83 ± 16,19	94,17 ± 10,75	40,00 ± 0,82	72,50 ± 15,53
2	Originality	40,83 ± 13,90	85,83 ± 14,20	38,33 ± 0,90	71,67 ± 12,68
3	Flexibility	36,67 ± 12,68	80,83 ± 15,65	38,33 ± 0,49	66,67 ± 12,68
4	Elaboration	41,67 ± 15,16	84,17 ± 15,37	46,67 ± 0,56	63,33 ± 10,85
Rata-Rata Keseluruhan Indikator		41,25±10,71	86,25 ± 8,59	40,83 ± 7,65	68,54 ± 12,11
t		6,530			
Sig (2-tailed)		0,000			
Uji N-Gain		0,77±0,13		0,47±0,17	

Nilai rata-rata indikator capaian pada kedua kelas tersebut memiliki tingkat hasil yang berbeda-beda. Kedua kelas memperoleh nilai indikator tertinggi pada keterampilan berpikir lancar (*fluency*), hal ini menunjukkan bahwa dalam memecahkan persoalan yang diberikan, siswa banyak menuangkan gagasan dari berbagai sudut pandang dengan penyelesaian yang beragam, siswa juga terlibat aktif dalam proses pencarian jawaban atas permasalahan yang dihadapi dengan berbagai asumsi yang relevan dari permasalahan sampah masker, sedangkan indikator *creative thinking* dengan skor terendah untuk kelas eksperimen pada keterampilan berpikir luwes (*flexibility*), hal ini mengartikan bahwa gagasan dan sudut pandang yang diberikan siswa belum menemukan penyelesaian yang luwes atau fleksibel terhadap persoalan dan masih memberikan jawaban homogen dengan yang lainnya. Kehomogenan tersebut dipicu oleh faktor internal siswa itu sendiri berupa tidak terbiasanya siswa dalam melakukan pencarian jawaban dengan pola pikir level tinggi atau level di atasnya. Kelas kontrol sendiri skor terendahnya ada pada indikator *elaboration* (keterampilan menggabungkan), keterampilan menggabungkan diperuntukkan mengembangkan ide dan gagasannya dengan lebih menarik, terperinci, detail dan lengkap, namun hal tersebut belum dicapai secara maksimal utamanya dalam hal mengembangkan gagasan berdasarkan objek atau gambar serta dalam menentukan langkah penyelesaian tidak dilakukan secara terperinci (Hidayat et al., 2013).

Hasil perolehan skor ditentukan berdasarkan cara siswa menyelesaikan tes yang diberikan dengan nilai N-Gain kelas eksperimen (0,77) kelas kontrol (0,47). Skor N-Gain yang diperoleh menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki tingkat *creative thinking* dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol kategori sedang. Data tersebut didukung oleh uji hipotesis uji *statistic t-test* berdasarkan nilai sig. (2-tailed) 0,000 dengan nilai t *creative thinking* (6,530) yang berarti H_0 ditolak atau terdapat pengaruh model PjBl berbasis STEM terhadap *creative thinking siswa*. Kedua kelas ini mendapatkan perlakuan yang berbeda, kelas eksperimen menerapkan model PjBl berbasis STEM sedangkan kelas kontrol menerapkan model PBL. Kedua jenis model pembelajaran ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, namun dalam penerapan model pembelajaran apabila ditambahkan dengan pendekatan STEM atau berbasis STEM memiliki pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Hal ini sesuai dengan penelitian (Kusyanto et al., 2022) yang menyatakan hasil analisa skor *pretest* dan *posttest* dalam kedua kelas uji akan menentukan posisi kedua kelas tersebut. Perbedaan posisi kelas akan terlihat apabila kelas yang menambahkan STEM dalam model pembelajaran menjadi lebih unggul dibandingkan dengan kelas yang tidak menambahkan STEM dalam model pembelajarannya seperti yang diterapkan pada kelas kontrol. Menurut penelitian (Rosana et al., 2022) model PBL tanpa STEM menjadikan hasil belajar yang dicapai siswa menjadi kurang

maksimal.

Creative thinking adalah keterampilan dengan kategori berpikir tingkat tinggi yang penting untuk dimiliki oleh seseorang. Keterampilan ini perlu diasah dan dilatih secara *continue*. Jika siswa mampu menganalisis dan mengaitkan ide-ide kreatif dari pengalaman dan pemahaman yang dimiliki dapat dikatakan siswa tersebut telah mencapai kategori berpikir tingkat tinggi yang baik. Hasil *creative thinking* siswa tidak terlepas dari proses pembelajaran yang di lalui, dalam prosesnya dibutuhkan penerapan model pembelajaran yang relevan untuk meningkatkan *creative thinking* siswa (Faturahman & Afriansyah, 2020). Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan *creative thinking* yaitu keaktifan siswa dalam proses pembelajaran. Hal ini disampaikan dalam penelitian (Mawarni & Sani, 2020) bahwa keaktifan siswa dalam proses pembelajaran memiliki pengaruh yang sangat besar dalam mengembangkan potensi, bakat dan minatnya menjadi lebih baik. *Creative thinking* sangat penting diasah terus menerus untuk mencegah dan meminimalisir adanya pengaruh negatif yang menyerang serta tanggap terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dimasa depan baik dari segi ilmu pengetahuan maupun teknologinya. *Creative thinking* yang baik akan memudahkan siswa menemukan, mengembangkan, menghasilkan sesuatu yang baru dan berbeda dari kebanyakan ide orang-orang dalam menghadapi era perubahan pada abad ke-21 (Anindayati & Wahyudi, 2020).

Pemilihan model pembelajaran yang dipadukan dengan STEM secara efektif membantu meningkatkan nilai rata-rata yang sebelum diberikan perlakuan dan sesudah perlakuan (Ridha et al., 2022). Penerapan model PjBL berbasis STEM dapat menunjang stimulasi siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran dikarenakan siswa terlibat langsung untuk mengolah ide dan di interpretasikan menjadi karya atau produk temuan yang telah didiskusikan dengan teman kelompoknya. Produk yang dihasilkan menjadi gambaran atas keberhasilan keterampilan *creative thinking* dengan adanya peningkatan prestasi belajar serta dapat menunjang keterampilan-keterampilan yang relevan dengan abad 21 (Mamahit et al., 2020). Model pembelajaran ini melatih siswa mengekspresikan dan mengolah ide abstrak menjadi bentuk nyata dengan hasil yang sangat beragam. Ide yang dibentuk dapat menunjang *skill* pemecah masalah melalui sistem proyek. Implementasinya terbukti dapat meningkatkan *creative thinking* siswa (Wicaksana & Sanjaya, 2021). Model PjBL berbasis STEM adalah perpaduan yang tepat dalam proses pembelajaran dikarenakan proses belajar ini menjadikan siswa dapat memaksimalkan kemampuan *creative thinking* dalam memecahkan permasalahan dengan tugas proyek penanganan masalah sampah masker. Siswa berhasil memberikan solusi dari permasalahan tersebut dengan mengelola sampah masker menjadi bahan baku bangunan, bahan baku pot dan kreasi dalam bentuk lain. Kegiatan pengolahan sampah masker dimulai dengan siswa menggunakan alat perlindungan diri sederhana berupa lateks dan disinfektan. Sampah masker ini berasal dari seluruh siswa ketika pulang sekolah. Setelah semua sampah masker terkumpul selanjutnya dilakukan penyemprotan disinfektan terhadap sampah masker dan menggantung menjadi bentuk yang lebih kecil. Kegiatan pengelolaan sampah masker ini berakhir dengan melakukan disinfektan kembali alat dan bahan yang digunakan seperti gunting. Begitu juga tangan mereka karena bersinggungan langsung dengan sampah masker tersebut. Kegiatan pengelolaan sampah masker ini telah melalui persetujuan dan pengawasan dari orang tua siswa sehingga dapat dipastikan aman. Untuk menyelesaikannya siswa membutuhkan keterampilan mengumpulkan informasi dengan kredibilitas sumber terpercaya yang kemudian dilakukan serangkaian proses penyelesaian tugas proyek yang telah diberikan guru (Sumarni & Kadarwati, 2020).



Membuat cacahan masker lebih kecil untuk dapat di olah kembali



Menambahkan semen dan pasir sebagai bahan tambahan



Hasil karya pot bunga



Hasil karya batako

Gambar 1. Kegiatan pengerjaan proyek (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Penerapan model PjBL menjadi salah satu faktor untuk meningkatkan kompetensi di semua mata pelajaran. Hal ini dianggap efektif memotivasi siswa sejak dini dalam memecahkan permasalahan melalui perpaduan disiplin ilmu di bidang STEM yang berguna bagi masa depan siswa saat mengikuti dinamika alur perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Utamanya dalam suasana memasuki dunia kerja yang lebih profesional di masa yang akan datang. Memasukkan basis STEM dalam proses pembelajaran memberikan kontribusi nyata untuk meningkatkan kualitas dan kapabilitas diri lebih unggul (Wahono et al., 2022). Penerapannya juga dapat meningkatkan skill individu siswa dan memberikan inspirasi nyata dalam memecahkan masalah dengan terciptanya karya cipta baru secara kreatif yang dapat menunjang pencapaian akademik yang baik dikarenakan proses pembelajaran yang dilakukan memiliki kualitas yang baik (Wahono et al., 2023). Dalam penelitian yang pernah dilakukan dengan kurun waktu 1998-2017 membuktikan bahwa penerapan model pembelajaran seperti ini memiliki imbas positif terhadap peningkatan hasil pembelajaran secara signifikan dibandingkan dengan penerapan model pembelajaran lain. Evaluasi keberhasilan penerapan model pembelajaran PjBL berbasis STEM bergantung pada faktor yang dapat mempengaruhi diantaranya Sumber Daya Manusia (SDM), tingkat Pendidikan, letak geografis, kompetensi guru dalam manajemen kelas secara efektif serta fasilitas pendukung pembelajaran (Mohand et al., 2021). Ketercapaian pembelajaran yang bersinggungan dengan dunia nyata membuat siswa lebih terampil dalam menyelesaikan segala permasalahan dengan aksi nyata. Hal ini, membuat siswa lebih tertantang, lebih aktif dan termotivasi untuk menyelesaikannya sehingga proses pembelajaran dapat memberikan optimalisasi kemampuan dengan baik (Fattahillah & Hariyadi, 2019).

Pengaruh Model PjBL Berbasis STEM Terhadap *Critical Thinking*

Critical thinking siswa yang baik dan unggul pada dasarnya dicapai dari hasil kebiasaan olah pikir yang dilakukan secara *continue* dan konsisten. Kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan dengan baik dan tepat sasaran perlu mempertimbangkan segala aspek kemungkinan yang terjadi. Pengambilan keputusan yang dilakukan merujuk pada kredibilitas sumber informasi untuk dapat dijadikan sebagai acuan (Rosyidah et al., 2020). *Critical thinking* juga dapat diartikan kemampuan mengatur diri untuk memutuskan sesuatu yang menghasilkan interpretasi terhadap suatu masalah dengan menganalisis, melakukan evaluasi dan membuat kesimpulan dengan berbagai sudut pandang, konsep, metode pemecahan masalah, memunculkan kriteria yang dijadikan dasar penilaian (Nuryanti et al., 2018). Hasil dari *critical thinking* dapat menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan semakin luas (Haryani et al., 2019). Siswa yang terbiasa menggunakan *critical thinking*nya jauh lebih mudah dalam menyelesaikan berbagai permasalahan melalui proses pemikiran yang terperinci, mendalam dan hati-hati dalam memberikan sebuah alasan terhadap keputusan yang diambil (Nuryanti et al., 2018). Berdasarkan data hasil penelitian ini diperoleh hasil *critical thinking* siswa sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Rata-rata Indikator Critical Thinking

No	Indikator Critical Thinking	Rata-rata ± SD			
		Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	Elementary Clarification	50,83 ± 12,25	95,00 ± 10,17	47,50 ± 16,54	79,17 ± 16,19
2	Basic Suport	35,83 ± 12,60	90,83 ± 15,37	36,67 ± 17,03	55,00 ± 13,77
3	Infering	32,50 ± 11,65	88,33 ± 12,68	35,83 ± 12,60	56,67 ± 14,58
4	Advanced Clarification	42,50 ± 14,89	80,00 ± 17,86	38,33 ± 12,68	62,50 ± 17,05
5	Strategies and Tactics	44,17 ± 14,20	90,00 ± 14,08	45,00 ± 15,25	65,83 ± 15,37
Rata-Rata Keseluruhan Indikator		41,17±7,39	88,83±7,27	40,67±9,07	64,83±14,29
t		8,197			
Sig (2-tailed)		0,000			
Uji N-Gain		0,81±0,11		0,39±0,13	

Hasil perolehan nilai rata-rata kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan hasil yang berbeda, hal ini dilandasi oleh faktor proses pembelajaran yang telah dilalui. Kelas eksperimen menerapkan model Project-Based Learning (PjBL) berbasis STEM sedangkan kelas kontrol menerapkan model Problem-Based Learning (PBL). Indikator hasil yang ditunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki critical thinking lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol dengan nilai N-Gain kelas eksperimen (0,81) kategori tinggi sedangkan kelas kontrol (0,39) berkategori sedang. Data tersebut didukung oleh uji hipotesis uji statistic t-test berdasarkan nilai sig. (2-tailed) 0,000 dengan nilai t critical thinking (8,197) yang berarti H₀ ditolak atau terdapat pengaruh model PjBL berbasis STEM terhadap critical thinking siswa. Capaian nilai tertinggi pada kedua kelas tersebut pada indikator Elementary Clarification atau memberikan penjelasan sederhana. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mampu menganalisis topik dengan baik, dapat berargumentasi dengan pemahaman konseptual yang sesuai serta mampu mencari informasi terkait permasalahan sampah masker yang disajikan. Tingginya indikator ini dapat disebabkan oleh kebiasaan positif siswa dalam melatih pengembangan diri berupa mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang disajikan saat proses pembelajaran sebelumnya. Aktifitas siswa dalam mengidentifikasi permasalahan dimulai dengan mengidentifikasi pertanyaan yang muncul yang kemudian dapat merumuskan pertanyaan, menganalisis argumentasi dan memberikan tanggapan terhadap masalah yang disajikan. Siswa dituntut berpikir sebelum menjawab dengan jawaban yang rasional dari pertanyaan yang tidak mudah untuk dijawab serta informasi yang relevan terbatas. Pada indikator ini siswa mampu mengidentifikasi dan merumuskan pertanyaan yang berkaitan dengan masalah sehingga pemahaman siswa terhadap materi yang akan dipelajari menjadi baik (Apiati & Hermanto, 2020). Perolehan hasil critical thinking dengan skor terendah untuk kelas eksperimen pada indikator advanced clarification (penjelasan lebih lanjut), hal ini mengartikan bahwa siswa di kelas eksperimen dalam memberikan argumentasi dan identifikasi lanjutan atau pemahaman yang mendalam belum melakukannya secara optimal. Faktor ini dapat dipicu oleh kebiasaan selama proses pembelajaran sebelumnya yang hanya memberikan kebiasaan berpikir dipermukaan secara konstan, monoton dan kurang mendetail dan mendalam. Skor terendah pada kelas kontrol dalam indikator Basic Support (membangun keterampilan dasar), hasil ini menegaskan bahwa siswa kelas kontrol belum mampu memberikan kredibilitas sumber informasi yang terpercaya saat memberikan jawaban atas permasalahan, jawaban yang diberikan siswa terbatas hanya memberikan asumsi pribadinya saja. Kemampuan basic support yang dimaksimalkan dengan baik akan membuat siswa dapat dengan mudah memberikan alasan yang tepat, akurat dan terpercaya (Supriyati et al., 2018). Pernyataan ini dikuatkan oleh (Kurniawan et al., 2022) bahwa dalam membangun keterampilan critical thinking dalam proses mempertimbangkan kredibilitas sumber dan memahami prosedur penelitian yang baik menjadi landasan utama dalam membuat suatu hasil keputusan yang logis, jelas dan akurat. Kurang optimalnya keterampilan Basic support juga dapat disebabkan oleh kemampuan membaca siswa yang tergolong rendah dan penganalisaan siswa yang tidak menyeluruh dan mendetail.

Perubahan urutan hasil rata-rata indikator di kelas eksperimen dan kontrol yang tidak sama disebabkan karena penerapan model PjBL berbasis STEM lebih memfokuskan siswa berperan aktif menemukan permasalahan yang kemudian berfokus pada proses pemecahannya. Hal tersebut menjadikan pembelajaran menjadi lebih bermakna utamanya dalam memahami konsep-konsep pengetahuan. Siswa dapat dengan bebas melakukan eksplorasi yang mendalam melalui aktifitas proyek yang erat kaitannya dengan masalah di kehidupan nyata dengan pola pikir saintis dengan menerapkan kolaborasi dari empat disiplin ilmu STEM (*Science, Technology, Engineering and Math*) (Dewi et al., 2023). Hasil *critical thinking* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol menentukan kategori kemampuan siswa tersebut tinggi atau rendahnya merujuk pada 5 indikator *critical thinking* menurut (Ennis, 1985). Capaian kelima indikator penentu dalam pengambilan keputusan *critical thinking* memiliki tingkatan kategori yang berbeda-beda. Perbedaan tingkatan ini dapat disebabkan oleh *scientific method* pembelajaran yang berdampak pada sistematika olah pikir siswa. Model pembelajaran yang ditambahkan dengan STEM mampu mendorong siswa untuk lebih mengeksplorasi seluruh kemampuan yang telah dimilikinya dengan caranya masing-masing (Hariyadi et al., 2023). Tahapan yang dilalui siswa saat mengikuti pembelajaran berbasis STEM dimulai dari tahap *Reflection*, yaitu saat guru membimbing siswa untuk mengeksplor pengetahuan awal perihal permasalahan lingkungan yang secara khusus terperinci pada permasalahan sampah masker, dilanjutkan tahap *research* yang dilakukan siswa untuk mencari berbagai informasi perihal proyek yang dikerjakan bersama tim kelompoknya. tahap ketiga adalah *discovery*, tahap ini merupakan fase penemuan informasi dengan kredibilitas sumber terpercaya yang bermanfaat bagi untuk memberikan solusi. Pada tahap ini siswa mulai memunculkan *critical thinking* untuk memecahkan permasalahan dengan pertimbangan yang logis, rasional, teliti dan hati hati yang kemudian dapat di *communication* hasil proyek tersebut atau di ujikan secara publik dengan meminta sudut pandang dari berbagai pihak (Triastuti, 2021).

Menurut (Ennis, 2011) *critical thinking* merupakan keterampilan berpikir alami yang dimiliki seseorang dalam pengambilan keputusan berdasarkan keyakinan diri, dapat dipertanggung jawabkan serta mempertimbangkan segala aspek resiko dan faktor yang mempengaruhi. Seseorang dengan keterampilan *critical thinking* yang baik secara langsung akan berpikir dengan logis, rasional dan selektif utamanya saat menentukan sikap dalam mengatasi permasalahan-permasalahan yang dihadapi. *Critical thinking* ini menjadikan penyebab seseorang memiliki pemahaman tingkat tinggi yang sangat dibutuhkan dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kedepannya (Susilawati et al., 2020). Tingkat keberhasilan siswa dalam menyelesaikan tes menentukan hasil keterampilan yang dimiliki sebelum pembelajaran dan sesudah pembelajaran apakah jauh lebih baik ataukah tidak. Hasil tes siswa yang beragam dapat digolongkan dengan kategori capaian rendah, sedang hingga tinggi. Perbedaan keterampilan siswa dalam menyelesaikan tes dapat dipengaruhi oleh *skill individu* yang dimiliki. *Skill individu* ini menjadi dasar dan awal dalam menentukan sejauh mana *effort* yang harus dikeluarkan selama proses pembelajaran berlangsung. Adanya situasi belajar yang nyaman juga memberikan pengaruh yang besar terhadap hasil keterampilan seperti penerapan model pembelajaran yang digunakan serta posisi tempat duduk dikelas (Dywan & Airlanda, 2020).

Persentase keterlaksanaan pembelajaran pada kedua kelas uji tersebut berdasarkan lembar keterlaksanaan model pembelajaran mencapai persentase sebesar 100%. Penerapan model pembelajaran apabila ditambahkan dengan STEM atau berbasis STEM memiliki pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Hal ini sesuai dengan penelitian (Dewi et al., 2023) diperoleh hasil kelas yang menerapkan model PjBL berbasis STEM berbeda secara signifikan dengan kelas yang tidak menerapkan STEM dalam model pembelajaran. Ditambahkan oleh (Afifah et al., 2019) model pembelajaran yang dipadukan dengan STEM dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk berpikir dengan logis karena dalam prosesnya akan melibatkan beberapa kemampuan metakognitif dalam mencari, merencanakan dan menentukan keputusan terhadap pemecahan masalah. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model PjBL yang dipadukan dengan STEM dapat membuat proses pembelajaran menjadi lebih optimal dikarenakan STEM mendukung tercapainya keberhasilan dalam menguasai pemahaman konseptual yang dapat menunjang *critical thinking*. Selain itu, penerapan

STEM dalam model pembelajaran juga dapat mengasah skill individu dengan kemampuan tingkat tinggi. Dampak positif dari model PjBL berbasis STEM menjadi salah satu pendekatan yang dianjurkan untuk diterapkan dalam kurikulum merdeka belajar dikarenakan dapat memudahkan guru memanajemen waktu dengan baik dan saat proses pembelajaran berlangsung dapat dikemas dengan lebih ringkas, jelas serta memudahkan tercapainya tujuan pembelajaran (Fakhrudin et al., 2023).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penerapan model PjBL berbasis STEM terbukti baik untuk meningkatkan *creative and critical thinking* berdasarkan Skor N-Gain yang diperoleh menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki tingkat *creative and critical thinking* dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol kategori sedang sehingga H_0 ditolak. Hasil penelitian ini menandakan bahwa kelas yang menerapkan model pembelajaran tanpa STEM menjadikan hasil belajar yang dicapai siswa kurang maksimal. Data penelitian diatas menjawab rumusan masalah bahwa penerapan model PjBL berbasis STEM pada topik pencemaran lingkungan berpengaruh terhadap *creative and critical thinking* siswa SMA. Sekaligus memberikan dampak besar untuk mengurangi penumpukan sampah masker yang akan terus ada setiap harinya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan saran agar siswa lebih aktif dalam mengeksplor kemampuan *creative and critical thinking* melalui tugas proyek dari permasalahan yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan menerapkan model PjBL-STEM dalam pembelajaran Biologi agar siswa terbiasa mengolah keterampilan *creative and critical thinking* menjadi semakin baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Abbasi, S., & Sıcakyüz. (2024). A review of the COVID-19 pandemic's effects and challenges on worldwide waste management for sustainable development. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(12), 8231–8260. <https://doi.org/10.1007/S13762-024-05610-Y/METRICS>
- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2019). Model Project-Based Learning (PjBL) berbasis STEM untuk meningkatkan penguasaan konsep Pdan keterampilan berpikir kritis siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 73. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1910>
- Ameridya, A., Pratama, A., Pudi, R. A., & Absyar, S. F. (2021). Limbah masker di era pandemi: kejahatan meningkat atau menurun? *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 10(1), 51–58. <https://doi.org/10.21009/jgg.101.05>
- Anindayati, A. T., & Wahyudi, W. (2020). Kajian pendekatan pembelajaran STEM dengan model PjBL dalam mengasah kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. *EKSAKTA : Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, 5(2), 217–225. <https://doi.org/10.31604/eksakta.v5i2.217-225>
- Apiati, V., & Hermanto, R. (2020). Kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam memecahkan masalah matematik berdasarkan gaya belajar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 167–178. <http://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/mosharafa>
- Arisona, R. D. (2018). Pengelolaan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pembelajaran IPS Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan. *Al Ulya: Jurnal Pendidikan Islam*, 3(1), 39–51.
- Asmarini, W. (2023). *Perhatian! RI Resmi Cabut Aturan Wajib Masker*. CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230609211445-4-444717/perhatian-ri-resmi-cabut-aturan-wajib-masker>
- Atmojo, J. T., Iswahyuni, S., Rejo, R., Setyorini, C., Puspitasary, K., Ernawati, H., Syujak, A. R., Nugroho, P., Putra, N. S., Nurrochim, N., Wahyudi, W., Setyawan, N., Susanti, R. F.,

- Suwarto, S., Haidar, M., Wahyudi, W., Iswahyudi, A., Tofan, M., Bintoro, W. A., ... Mubarak, A. S. (2020). Penggunaan Masker Dalam Pencegahan dan Penanganan COVID-19: Rasionalitas, Efektivitas, dan Isu Terkini. *Avicenna : Journal of Health Research*, 3(2), 84–95. <https://doi.org/10.36419/avicenna.v3i2.420>
- Calvin, S. A. L., Gaol, Priyono, B., Chalid, M., & Nugraha, A. F. (2023). The effect of multilayer plastic waste addition to polymer modified bitumen characteristics. *OISAA Journal of Indonesia Emas*, 6(1), 57–64. <https://doi.org/10.52162/JIE.2023.006.01.7>
- Chowdhury, H., Chowdhury, T., & Sait, S. M. (2021). Estimating marine plastic pollution from COVID-19 face masks in coastal regions. *Marine Pollution Bulletin*, 168. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.112419>
- Corne, K. V. (2022). *Pencemaran Lingkungan: Pengertian, Jenis, Dampak dan Cara Pencegahannya*. INews.Id. <https://www.inews.id/news/nasional/pencemaran-lingkungan-pengertian-jenis-dampak-dan-cara-pencegahannya>
- Dewi, N. N. S. K., Arnyana, I. B. P., & Margunayasa, I. G. (2023). Project Based Learning Berbasis STEM: Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 6(1), 133–143. <https://doi.org/10.23887/jipppg.v6i1.59857>
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. (2020). Efektivitas model pembelajaran Project Based Learning berbasis STEM dan tidak berbasis STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal BASICEDU*, 4(2), 344–354. <https://jbasic.org/index.php/basicedu>
- Ennis, R. H. (1985). *Critical thinking and the curriculum*. *National Forum*.
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities i*.
- Fakhrudin, I. A., Probosari, M. R., Indriyani, N. Y., Khasanah, A. N., & Utami, B. (2023). Implementasi pembelajaran STEM dalam kurikulum merdeka: Pemetaan kesiapan, hambatan dan tantangan pada guru SMP. *Resona: Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 71–81.
- Fattahillah, N., & Hariyadi, S. (2019). Impelementation of Problem Based Learning with Electronic Media on Student Learning Outcomes in Indonesia's - Philippines International Class. *BIOEDUKASI*, 30. <https://doi.org/10.19184/bioedu.v17i1.13202>
- Faturohman, I., & Afriansyah, E. A. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa melalui Creative Problem Solving. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 107–118. <http://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/mosharafa>
- Ferdiansyah, I. (2015). *Perbedaan Hasil Belajar Peserta Didik Menggunakan Pendekatan STS, SETS dan STEM Pada Pembelajaran Konsep Virus*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Hake, R. R. (2002). *Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization*. <http://www.physics.indiana.edu/~hake>
- Hariyadi, S., Suratno, S., Wahono, B., Subiantoro, A. W., & Permatasari, A. D. A. (2023). Media Design “Detector Marker” based on STEM with Dragon Fruit Peel Extract for Detection of Formaldehyde Additives at School in Agroecosystem Zone. *BIOEDUKASI*, 21(2), 132–137. <https://doi.org/10.19184/bioedu.v21i2.40076>
- Herak, R., & Hadung Lamanepa, G. (2019). Meningkatkan Kreatifitas Siswa melalui STEM dalam Pembelajaran IPA Increasing Student Creativity through STEM in Science Learning. *Jurnal EduMatSains*, 4(1), 89–98.
- Hidayat, A. L., Danawan, A., & Hidayat, A. (2013). Penerapan model Problem Based Learning pada pembelajaran optik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan prestasi belajar siswa SMP. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 1(1), 55–65.
- Jannah, N. R., Pratiwi, W., & Umikulsum, R. (2021). Pendampingan Kegiatan Belajar Siswa dengan Memanfaatkan Barang Bekas untuk Meningkatkan Minat dan Kreativitas Belajar Siswa pada Era Covid-19. *Bulletin of Community Engagement*, 1(2), 1–10. <https://www.attractivejournal.com/index.php/bce//index>

- Kurniawan, D., Suprpto, P. K., & Ali, M. (2022). Hubungan kecerdasan naturalis dengan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi pencemaran lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 105. <https://doi.org/10.17977/um052v13i2p105-112>
- Kusyanto, K., Shahrill, M., Irwan, E., & Yazid, I. (2022). Implementasi Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis, Berpikir Kreatif dan Self –Efficacy. *Pasundan Journal of Mathematics Education : Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 1–16. <https://doi.org/10.23969/pjme.v12i2.5438>
- Mamahit, A. J., Aloysius, C. D., & Suwono, H. (2020). Efektivitas Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian Dan Pengembangan*, 5(9), 1284–1289. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Mardiyanti, E., Mantra, E. A., Sultan, U., Tirtayasa, A., Mandiri, S., & Tangerang, P. (2022). Implementasi projek kreatif dan kewirausahaan pada kurikulum merdeka dengan media e-commerce marketplace. *Prosiding SNPE FKIP Universitas Muhammadiyah Metro*, 1(1), 11–20.
- Markov, S. (2017, June 11). *Joy Paul Guilford - One of the founders of the Psychology of Creativity – Genvive*. Genvive. <https://geniusrevive.com/en/joy-paul-guilford-one-of-the-founders-of-the-psychology-of-creativity/>
- Mawarni, R., & Sani, R. A. (2020). Pengaruh model Project-Based Learning berbasis STEM terhadap kemampuan berfikir kreatif siswa pada materi pokok fluida statis di kelas XI SMA Negeri 4 Tebing Tinggi T.P 2019/2020. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika (INPAFI)*, 8(2), 8–15.
- Meidiyanti, S., Damayanti, E., Syamsudduha, S., & Jamilah, J. (2021). Pengaruh kemampuan berpikir kreatif peserta didik melalui model learning cycle engagement exploration elaboration dan evaluation disertasi mind mapping. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.17977/um052v12i1p16-21>
- Mohand, H. H., Torres, J. M. T., García, M. G., Mohand, H. H., & Soto, A. C. (2021). Analysis of the use and integration of the flipped learning model, project-based learning, and gamification methodologies by secondary school mathematics teachers. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13052606>
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi Industry 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 1–8.
- Mu'minah, H. I., & Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam pembelajaran Abad 21. *Seminar Nasional Pendidikan, FKIP UNMA 2019*, 1495–1503.
- Nua, F. (2021). *LIPI Ajak Semua Pihak Kolaborasi Atasi Limbah Medis*. Media Indonesia. <https://mediaindonesia.com/humaniora/385047/lipi-ajak-semua-pihak-kolaborasi-atasi-limbah-medis>
- Nugrohadi, S., & Anwar, T. (2022). Pelatihan Assembler Edu untuk Meningkatkan Keterampilan Guru Merancang Project-based Learning Sesuai Kurikulum Merdeka Belajar. *Media Penelitian Pendidikan: Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Dan Pengajaran*, 16(1), 77–80. <https://doi.org/10.26877/mpp.v16i1.11953>
- Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian Dan Pengembangan*, 3(2), 155–158. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Pauer, E., Tacker, M., Gabriel, V., & Krauter, V. (2020). Sustainability of flexible multilayer packaging: Environmental impacts and recyclability of packaging for bacon in block. *Cleaner Environmental Systems*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/J.CESYS.2020.100001>
- Ramdhani, E. P., Khoirunnisa, F., Asti, N., Siregar, N., Raja, M., Haji, A., & Riau, K. (2020). Efektifitas modul elektronik terintegrasi multiple representation pada materi ikatan kimia. In *Journal of Research and Technology* (Vol. 6, Issue 1).
- Ridha, M. R., Zuhdi, M., & Ayub, S. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran PjBL berbasis STEM dalam Meningkatkan Kreativitas Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi*

- Pendidikan*, 7(1), 223–228. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i1.447>
- Rokom. (2023, December 7). *Kasus COVID-19 Naik Lagi, Masyarakat Diminta Tetap Disiplin Prokes – Sehat Negeriku*. Biro Komunikasi Dan Pelayanan Publik, Kementerian Kesehatan RI. <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20231206/5244404/kasus-covid-19-naik-lagi-masyarakat-diminta-tetap-disiplin-prokes/>
- Rosana, S., Jumini, S., & Firdaus. (2022). Penggunaan Model PBL Berpendekatan STEM dalam Pembelajaran IPA Fisika Terhadap Kreativitas Peserta Didik. *Kappa Journal, Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Hamzanwadi*, 6(2), 373–382. <http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/index>
- Roslina, Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL). *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 120–139. <https://journal.walisongo.ac.id/index.php/Phenomenon/article/view/11722/4389>
- Rosyidah, N. D., Kusairi, S., & Taufiq, A. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa melalui Model STEM PjBL disertai Penilaian Otentik pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian Dan Pengembangan*, 5(10), 1422–1472. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Sanjaya, Y. C. A., & Nugroho, R. S. (2023). *Aturan Sudah Dicabut, Kenapa Banyak yang Ingin Masih Pakai Masker? Halaman all - Kompas.com*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/tren/read/2023/06/11/190000965/aturan-sudah-dicabut-kenapa-banyak-yang-ingin-masih-pakai-masker-?page=all>
- Siagian, H. F. A. S. (2022). *Pengelolaan Sampah di Indonesia*. Kementerian Keuangan Republik Indonesia. <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kpknl-lahat/baca-artikel/14891/Pengelolaan-Sampah-di-Indonesia.html>
- Siburian, J., Tohiri, D. M., & Mataniari, R. (2022). Implementasi model Project Based Learning berbasis flipped classroom terhadap problem solving skills siswa. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 113. <https://doi.org/10.17977/um052v13i2p113-120>
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-stem project-based learning: Its impact to critical and creative thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21754>
- Supriyati, E., Ika Setyawati, O., Yuli Purwanti, D., Sirfa Salsabila, L., & Adi Prayitno, B. (2018). Profil Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA Swasta di Sragen pada Materi Sistem Reproduksi Profile of Private High Schools Students' Critical Thinking Skills in Sragen on Reproductive System. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(2), 74–84. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v11i2.21792>
- Susilawati, E., Agustinasari, A., Samsudin, A., & Siahaan, P. (2020). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 11–16. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>
- Talakua, Y., Anas, S., & Aqil, M. (2020). Pengaruh disiplin kerja terhadap kinerja karyawan pada RSU Bhakti Rahayu Ambon. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(7), 1253–1270.
- Tantiono, O., & Kattu, G. S. (2022). Eksplorasi Teknik Pengelolaan Limbah Masker Bekas Menjadi Material Produk Interior. *Jurnal Desain Interior*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v7i1.11506>
- Tarumasely, Y. (2020). Perbedaan hasil belajar pemahaman konsep melalui penerapan strategi pembelajaran berbasis self regulated learning. *Jurnal Pendidikan Dan Kewirausahaan*, 8(1), 54–65.
- Triastuti, E. (2021). Pembelajaran berbasis STEM materi elektroplating meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berfikir kritis siswa. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 3(2), 107–120.
- Wahono, B., Chang, C. Y., & Khuyen, N. G. U. Y. E. N. T. T. (2021). Teaching socio-scientific issues through integrated STEM education: an effective practical averment from Indonesian science lessons. *International Journal of Science Education*, 43(16), 2663–2683.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1983226>

- Wahono, B., Hariyadi, S., & Subiantoro, A. W. (2022). The development of an online STEM teacher professional development package with the DECODE model: An innovative teacher's quality maintenance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/12647>
- Wahono, B., Husna, A., Hariyadi, S., Anwar, Y., & Meilinda, M. (2023). Development of integrated STEM education learning units to access students' systems thinking abilities. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.21831/jitp.v10i1.52886>
- WHO. (2020). *Anjuran mengenai penggunaan masker dalam konteks COVID-19: Panduan interim*.
- Wicaksana, E. J., & Sanjaya, M. E. (2021). Model PjBL pada Era Merdeka Belajar untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah dan Kreativitas Mahasiswa Mata Kuliah Belajar dan Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 193–200. <https://doi.org/10.23887/jipp.v6i1>
- Yanti, R. A., & Novaliyosi. (2023). Systematic literature review: model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap skill yang dikembangkan dalam tingkatan satuan pendidikan. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 07(03), 2191–2207. <https://j-cup.org/index.php/cendekia/article/view/2463/970>