

EFEKTIVITAS PROYEK ALAT PERAGA 3D BERBASIS STEM PADA MATERI PERKEMBANGAN MODEL TEORI ATOM TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA

Ade Ros Amanda¹, Dedeh Kurniasih², Tuti Kurniati³

^{1 2 3}Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Muhammadiyah Pontianak,
Jalan Jendral Ahmad Yani No. 111 Kota Pontianak, KALBAR 78123,
Indonesia.

* Coressponding Author. E-mail: dedeh.kurniasih@unmuhpnk.ac.id

Received: 25 April 2024

Accepted: 27 Mei 2024

Published: 31 Mei 2024

doi: 10.29303/cep.v7i1.6735

Abstrak

Kurangnya keterlibatan siswa dalam pembelajaran disebabkan oleh penggunaan model dan alat pengajaran yang tidak mendorong partisipasi langsung. Oleh karena itu hasil belajar siswa menjadi rendah dan diperlukan pengembangan model pembelajaran yang memprioritaskan partisipasi siswa. Salah satu pendekatan yang bisa diambil adalah pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan proyek alat peraga 3D berbasis STEM pada materi perkembangan model teori atom terhadap hasil belajar siswa. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode *pre-experimental design tipe one group pretest-posttest* dengan sampel sebanyak 30 siswa kelas X Kubu Raya yang diambil dengan teknik *sampling purposive*. Alat pengumpul data yang digunakan adalah *pretest* dan *posttest* dan lembar observasi. Menguji normalitas distribusi masing-masing kelompok pretest dan posttest dengan menggunakan uji SPSS 26,0 for windows. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar siswa dari 18% menjadi 82% dengan nilai *effect size* 5,03 memperoleh kategori *Strong Effect*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM efektif digunakan dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata Kunci: Alat peraga teori atom 3D, Hasil Belajar, STEM

Effectiveness Of STEM-Based 3D Atomic Theory Project Projects On Student Learning Outcomes

Abstract

The insufficient engagement of students in the learning process is linked to the utilization of teaching models and tools that fail to encourage direct involvement. Hence, there is a need to devise a learning framework that emphasizes active student participation. One potential strategy is project-based learning, integrating science, technology, engineering, and mathematics (STEM). This research aims to determine the effectiveness of the STEM-based 3D atomic theory teaching aids project on student learning outcomes. This research is a quantitative research with a pre-experimental design method type one group pretest-posttest with a sample of 30 class X SMAIT Al-Fityan Kubu Raya students taken using a purposive sampling technique. The data collection tools used were pretest and posttest and observation sheets. Testing the normality of the distribution of each pretest and posttest group using the SPSS 26.0 for Windows test. The results of the research show that there is an increase in student learning outcomes from 18% to 82% with an effect size value of 5.03 obtaining the Strong Effect category. This research shows that STEM-based 3D atomic theory teaching aid project learning is effective in improving student learning outcomes.

Keywords: 3D atomic theory teaching aids, Learning Outcomes, STEM.

PENDAHULUAN

Pada saat ini hadir sebuah kurikulum baru yakni kurikulum merdeka yang merupakan bagian dari kebijakan baru yang ditetapkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (Kemendikbud RI). Penerapan kurikulum merdeka dalam bidang pendidikan merupakan landasan penting dalam proses pembelajaran yang efektif dan efisien. Kurikulum merdeka diterapkan untuk menangani krisis pendidikan di Indonesia. Kurikulum merdeka belajar ini memiliki beberapa karakteristik utama yakni pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*) untuk pengembangan *soft skill* dan karakter siswa, fokus pada materi-materi esensial untuk mendapatkan pembelajaran secara mendalam pada kompetensi dasar seperti literasi dan enumerasi, selain itu Guru memiliki fleksibilitas untuk melakukan pembelajaran sesuai dengan kemampuan siswa (*teaching at the right level*) dan mampu menyesuaikan dengan konteks dan muatan lokal, sehingga siswa dapat berkembang sesuai potensi dan kemampuan yang dimiliki dan dapat mencapai tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien serta berdampak pada peningkatan hasil belajar siswa (Kemendikbudristek, 2021). Keberhasilan dalam pembelajaran bergantung pada keahlian guru dalam merancang model pembelajaran yang mendorong partisipasi aktif siswa secara efisien dalam proses pembelajaran dan tercapainya tujuan pembelajaran menjadi cerminan prestasi dari hasil belajar siswa setelah mengikuti proses pembelajaran (Widayadari, 2021).

Satu dari tiga karakteristik kurikulum merdeka yang perlu dan penting untuk dilakukan ialah fokus pada materi esensial sehingga siswa dapat mempelajari materi secara mendalam dan mendapat waktu lebih banyak untuk pengembangan kompetensi dan karakter melalui proses pembelajaran yang dilakukan. Salah satu pembelajaran yang memerlukan pemahaman mendalam dan sering terjadi miskonsepsi ialah pembelajaran kimia. Karakteristik dari ilmu kimia itu sendiri yakni bersifat abstrak dan konsep-konsep yang ada dalam ilmu kimia berurutan dan saling berkaitan (Sari et al., 2018). Pembelajaran kimia harus memperhatikan karakteristik ilmu kimia sebagai sikap, proses dan produk sebagai acuan bagi guru dalam memilih media dan sumber belajar peserta didik (Kemendikbud, 2014).

Hasil prapenelitian melalui observasi peneliti pada mata pelajaran Kimia Hijau di kelas

XB Kubu Raya menunjukkan bahwa hanya 33,3% peserta didik yang mampu menganalisis dan memecahkan persoalan yang diberikan guru. Selain itu hasil wawancara peneliti terhadap 6 orang peserta didik pada kelas XB Kubu Raya mengungkapkan alasan peserta didik kurang memahami pembelajaran kimia yang bersifat abstrak dan kurangnya aktivitas yang melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran. Media dan model pembelajaran yang digunakan didominasi oleh aktivitas peserta didik yang hanya mendengarkan penjelasan guru dan mengamati video pembelajaran saja tanpa melalui tahap pembuktian sehingga peserta didik cenderung tidak fokus memperhatikan.

Berdasarkan hal tersebut berdampak pada rendahnya hasil belajar siswa yang dapat dilihat dari persentase ketuntasan ulangan harian pada materi struktur atom sub materi perkembangan model teori atom yang memiliki jumlah nilai ketuntasan paling rendah yakni hanya 45,16%, sedangkan materi sistem periodik unsur 67,74% dan materi konfigurasi elektron memiliki nilai ketuntasan paling tinggi yakni 70,98%. Hal tersebut terjadi karena materi struktur atom merupakan materi kimia yang memerlukan pemahaman konsep dengan baik, terlebih lagi sebagian besar konsep pada materi ini abstrak (Yuniarti, 2014). Oleh sebab itu berdasarkan fakta-fakta diatas, dapat disimpulkan bahwa permasalahan yang terjadi di SMAIT Al-Fityan Kubu Raya adalah rendahnya kemampuan peserta didik dalam menganalisis dan memecahkan persoalan yang diberikan guru. Pembelajaran yang bersifat abstrak, model dan media pembelajaran yang digunakan kurang melibatkan siswa dalam proses pembelajaran, sehingga mengakibatkan rendahnya hasil belajar siswa.

Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan diatas adalah model pembelajaran berbasis proyek alat peraga dengan mengintegrasikan bidang-bidang STEM (Redkar, 2012; Dewi dkk., 2017; Kristiani, dkk., 2017; Laforce dkk., 2017; Sumarni, dkk., 2019). Bidang-bidang STEM yang dimaksud ialah *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (National STEM Education Center, 2014). Konteks dalam pembelajaran berbasis proyek dimulai dengan berbagai pertanyaan dan masalah otentik dalam praktik dunia nyata yang memungkinkan peserta didik untuk bekerjasama menuju produk akhir, sehingga pembelajaran proyek ini mampu menghasilkan peserta didik dengan kemampuan menganalisis, mensintesis,

melakukan/membuat dan reflektif (Aini, dkk., 2022). Pendekatan STEM sendiri dapat menghasilkan peserta didik dengan kemampuan untuk mengkontekstualisasikan dan memecahkan masalah yang kompleks melalui integrasi pengetahuan, konsep, dan keterampilan secara sistematis (Parreira, 2018). Penggunaan pendekatan STEM dalam pembelajaran dapat menyebabkan peserta didik lebih aktif, kreatif dan menyenangkan (Rahmawati, 2022).

Pembelajaran proyek berbasis STEM melibatkan peserta didik secara langsung dalam proses mempelajari pengetahuan dan menerapkan pengetahuan yang telah dipelajari, mendorong peserta didik untuk menciptakan sesuatu yang baru, melatih keterampilan peserta didik melalui penyelidikan yang terstruktur terhadap pertanyaan yang kompleks dan merancang dengan cermat tugas yang diberikan guru (Buck Institute For Education, 2013). Hal tersebut terbukti dari penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa pembelajaran proyek berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif, berpikir kritis dan analitis peserta didik (Tseng, dkk 2011; Capraro, dkk 2015; Afriana, dkk, 2016; Ismayani, 2016; Jauhariyyah, 2017). Proyek berbasis STEM dapat berkontribusi pada pengembangan soft skill yang kelak akan berguna di tempat kerja yang kemungkinan dapat memenuhi kebutuhan pasar kerja di abad ke-21 (Musa, dkk., 2012). Penerapan pembelajaran STEM dapat mendukung kebijakan kurikulum Merdeka dengan menyelaraskan setiap aspek STEM secara menyeluruh sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara efektif dan efisien serta dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Farwati et al., 2021).

Penelitian pembelajaran berbasis STEM yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini berupa proyek pembuatan produk yang akan menghasilkan media alat peraga pembelajaran berbentuk tiga dimensi (3D) dari model teori atom Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr dan Mekanika Kuantum (Eriawati, dkk., 2023). Produk model teori atom 3D merupakan karya seni tiga dimensi (tri matra) dan bagian dari alat peraga yang artinya seperangkat benda konkrit dirancang, dibuat dan disusun secara sengaja dan mempunyai panjang, lebar dan tinggi yang disajikan secara visual berwujud sebagai tiruan dan mewakili aslinya untuk digunakan sebagai media dalam proses pembelajaran (Dewi, 2016; Krisnawati, 2013). Penggunaan media tiga dimensi pada mata pelajaran kimia seperti materi

perkembangan teori atom, guru menggunakan media tiga dimensi (3D) berupa produk 3D untuk menunjukkan model teori atom secara nyata dengan proses membentuk dan dapat dilihat serta disentuh (Septian & Tampubolon, 2015). Pembelajaran menggunakan alat peraga 3D dapat mengoptimalkan fungsi seluruh panca indera peserta didik untuk meningkatkan efektivitas peserta didik belajar dengan cara melihat, membentuk dengan menggunakan pikirannya secara logis dan realistis sehingga hasilnya dapat dilihat dan disentuh (Dewi, 2012; Pamadhi, 2014; Widiyatmoko & Pamelasari, 2012).

Pembuatan alat peraga model teori atom 3D dapat membantu peserta didik dalam menerapkan dan memahami konsep-konsep dari prinsip perkembangan teori atom dalam pembelajaran kimia serta dapat melatih kreativitas peserta didik itu sendiri (Erlina, 2022; Jauhariyyah, 2017). Berdasarkan uraian tersebut penelitian tentang penerapan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM penting untuk dilakukan dan diharapkan efektif dalam melatih serta meningkatkan hasil belajar siswa kelas X Kubu Raya.

METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sebanyak 2 kali pertemuan pada semester genap tahun ajaran 2022/2023. Sampel penelitian ini yaitu peserta didik kelas X yang berjumlah 30 orang peserta didik. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui keefektifan proyek model teori atom 3D berbasis STEM terhadap hasil belajar peserta didik.

Jenis penelitian yang digunakan yaitu pre-eksperimental menggunakan "One group pretest posttest design" dimana sampelnya hanya pada 1 kelas tanpa kelas penyeimbang yang digambarkan sebagai berikut:

O1 X O2

Keterangan:

- O1 : pretest peserta didik yang dilakukan sebelum diterapkan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM.
- X : pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM.
- O2 : posttest peserta didik setelah diterapkan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM (Sugiyono, 2022).

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Modul ajar, buku teks pembelajaran, video pembelajaran dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) materi teori atom sub materi perkembangan teori atom dan partikel penyusun atom yang merupakan materi lanjutan dan saling berkaitan dengan perkembangan model teori atom. Sedangkan instrumen yang digunakan yaitu lembar pretest dan posttest materi perkembangan model teori atom.

Tes hasil belajar dilakukan sebelum dilaksanakannya kegiatan belajar mengajar sebagai pretest agar dapat diketahui kemampuan dasar peserta didik pada materi perkembangan model teori atom. Tes hasil belajar tidak hanya diberikan sebelum pembelajaran, tetapi juga diberikan setelah pemberian perlakuan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM sebagai posttest.

Langkah-langkah pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM yang dilaksanakan dalam penelitian ini yakni sebelum reflection dimulai siswa diberikan pretest yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa kemudian dilanjutkan dengan langkah pertama yaitu: (1) *reflection*, siswa mengamati video yang ditampilkan guru, menjawab pertanyaan pemantik yang diberikan guru dan diberi motivasi belajar; (2) *research*, mencari informasi dari berbagai sumber menggunakan internet dan berdiskusi mengenai materi teori atom (3) *discovery*, mengatur strategi untuk menyelesaikan proyek tepat waktu dan merancang atau mendesain produk yang akan dibuat (4) *application*; mengujicobakan rancangan prosedur dengan membuat produk model teori atom 3D (5) *communication*, mempresentasikan tugas proyek berupa produk model teori atom 3D baik secara langsung presentasi dikelas maupun melalui komunikasi tidak langsung yaitu melalui penjelasan di dalam video dan terakhir pemberian posttest.

Mengolah skor pretest dan posttest setiap siswa menjadi nilai dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah skor benar}}{\text{Jumlah skor total}} \times 100.$$

Hasil belajar siswa dapat dikatakan tuntas atau berhasil jika melampaui nilai KKM yang ditetapkan di SMAIT Al-Fityan Kubu Raya yaitu 77. Hasil pretest dan posttest siswa kemudian diuji normalitasnya menggunakan uji *one sample kolmogrov-smirnov test* dan dilanjutkan dengan uji *wilcoxon* menggunakan SPSS 26.0. Setelah data sudah normal maka akan dicari keefektifannya menggunakan rumus *effect size*;

$$d = \frac{M_1 - M_B}{\sqrt{\frac{SD_B^2 + SD_I^2}{2}}}$$

Keterangan:

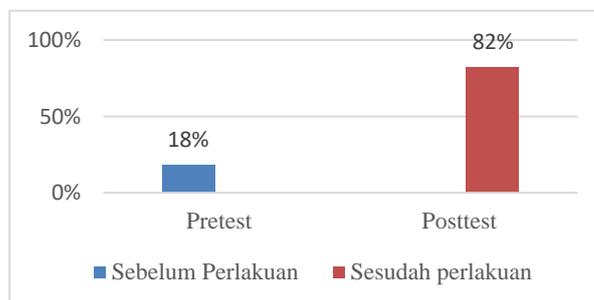
d = effect size, M_1 = mean posttest, M_B = mean pretest, SD_I = standar deviasi pretest dan SD_I = standar deviasi posttest. Sedangkan kriteria effect size dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Effect Size

Nilai	Kategori
$ES \leq 0,2$	Rendah
$0,2 < ES \leq 0,8$	Sedang
$ES \geq 0,8$	Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pretest dan posttest sebelum dan sesudah diberi perlakuan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM dapat dilihat melalui Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Persentase Hasil Belajar

Gambar 1 menunjukkan hasil perhitungan sebelum diberi perlakuan diperoleh persentase yakni 18%, hal ini didapat dari hasil *pretest* siswa sebelum pembelajaran dimulai yang bertujuan untuk mengetahui pengetahuan awal siswa. Namun setelah diberi perlakuan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM didapat hasil persentase dari *posttest* sebesar 82% dengan kriteria sangat baik. Selanjutnya uji normalitas hasil data pretest dan posttest menggunakan *one sample kolmogrov-smirnov test*. Berdasarkan hasil uji kolmogorov-smirnov test diperoleh hasil sig.(2 tailed) $0,000 < 0,05$ yang artinya nilai tidak berdistribusi normal atau H_0 ditolak dan dilanjutkan dengan uji wilcoxon pada data pretest dan posttest. Berdasarkan hasil uji wilcoxon dapat dipaparkan bahwa negative ranks = 0, berarti tidak ada sampel yang mengalami penurunan dari hasil

pretest ke posttest, sedangkan positive ranks = 30, artinya semua sampel mengalami peningkatan dari hasil pretest ke posttest dan rata-rata rank menunjukkan kenaikan sebesar 15,50 dari hasil pretest ke posttest. Pada tabel test statistics diperoleh nilai sig. (2-tailed) = 0,000 yang berarti lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian H_0 diterima dan terdapat pengaruh setelah diberikan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM terhadap kenaikan hasil belajar siswa kelas X di SMAIT Al-Fityan Kubu Raya.

Efektivitas pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM terhadap hasil belajar siswa pada materi perkembangan model teori atom dapat dilihat dari nilai *effect size*. Berdasarkan perhitungan dengan rumus $d = \frac{M_I - M_B}{\sqrt{\frac{SD_B^2 + SD_I^2}{2}}}$ diperoleh nilai *effect size* sebesar 5,03 > 1,00 maka dapat disimpulkan bahwa proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM memiliki efek tinggi (*Strong Effect*) dan sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa di SMAIT Al-Fityan Kubu Raya.

Penerapan pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM yakni dengan mengintegrasikan bidang-bidang STEM yaitu yang pertama *science* pada tahap *reflection* yakni siswa mulai berpikir dan mencari tahu informasi dari pertanyaan pemantik yang diberikan guru dengan mencari sumber informasi yang valid dan menyimpulkan hasil informasi tersebut secara jelas untuk menjawab soal yang diberikan Guru. Selanjutnya peserta didik mengerjakan LKPD1 dan mengerjakan tugas proyek. Pada pertemuan kedua peserta didik mengerjakan LKPD2 tentang partikel penyusun atom yang merupakan bagian dari materi struktur atom.

Kedua pemanfaatan *technology* pada tahap *research* dan *application* yakni peserta didik menggunakan laptop dan mengakses internet untuk mencari informasi, referensi dan literature yang dibutuhkan untuk menjawab soal dari LKPD 1 dan LKPD 2 serta menggunakan kamera atau *handphone* untuk dokumentasi pembuatan video dan menggunakan aplikasi seperti canva dan aplikasi lainnya untuk mengedit hasil video dan diupload di youtube. Berikut link hasil video yang dibuat siswa. <https://youtu.be/VhrKWwpwK0E?feature=share>
[d.](#)

Ketiga yaitu *engineering* yang termasuk kedalam tahap *discovery* yakni siswa mengatur strategi agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu, memilih alat dan bahan yang akan digunakan, mendesain model teori atom yang akan dibuat dengan hasil kreasi bersama tanpa mengubah konsep dari materi model atom itu sendiri. Keempat yakni *mathematic* Peserta didik menghitung dan mengukur komponen proyek yang diperlukan pada LKPD 1 dalam merancang dan mendesain produk model teori atom 3D yang akan dibuat. Kemudian dilanjutkan dengan soal LKPD 2 yaitu menghitung massa atom dan jumlah elektron serta menentukan pasangan isoton, isotop dan isobar berdasarkan rumus yang ada sebagai materi yang saling berkaitan dengan perkembangan model teori atom.

Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan pemberian perlakuan pembelajaran proyek berbasis STEM terhadap hasil belajar siswa SMAIT Al-Fityan Kubu Raya yang dilakukan oleh peneliti mengalami peningkatan, hal ini dapat dilihat dari hasil olah data yang dilakukan dengan terdapat peningkatan hasil *pretest* dan *posttest* siswa sebelum dan sesudah diberi perlakuan.

Peningkatan ini terjadi karena saat pembelajaran tidak hanya diberitahu tentang perkembangan model teori atom yang benar, namun siswa diarahkan untuk menemukan sendiri konsep dari masing-masing model teori atom tersebut melalui informasi yang ditemukan dan diaplikasikan dalam bentuk nyata melalui tugas pembuatan produk model teori atom 3D dan video pembuatan proyek. Hal tersebut bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, kreatif dan komunikasi siswa sehingga berdampak pada peningkatan hasil belajar siswa melalui pembelajaran proyek berbasis STEM. Masing-masing aspek STEM (*Science, Technology, Engineering and Math*) yang diintegrasikan akan membantu siswa menyelesaikan suatu masalah secara jauh lebih komprehensif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang efektivitas pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM terhadap hasil belajar siswa SMAIT Al-Fityan Kubu Raya dapat ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran proyek alat peraga teori atom 3D berbasis STEM sangat efektif digunakan dalam meningkatkan hasil

belajar siswa SMAIT Al-Fityan Kubu Raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, dkk. (2016). Project Based Learning Integrated to STEM to Enhance Elementary School's Students Scientific Literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, V (2): 261- 267
- Aini, M., Ridianingsih D.S. Yunitasari, I. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran Project based Learning (PjBL) berbasis STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4), 247-253. DOI: <https://doi.org/10.33578/kpd.v1i4.118> diakses tanggal 5 januari 2023
- Astuti I. D., Toto & Yulisma, L. (2019). Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Aktivitas Belajar Siswa. Quagga: *Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 93-98. doi: 10.25134/quagga.v11i2.1915.
- Dewi, H.R., T. Mayasari, & J. Handhika. (2017). *Peningkatan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Melalui Penerapan Inkuiri Terbimbing Berbasis STEM*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika III. Madiun: Universitas PGRI Madiun.
- Ismayani, A. (2016). Pengaruh Penerapan STEM Project-Based Learning terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, III(4): 264-272.
- Jaka, Afriana (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. Ditinjau dari Gender *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2 (2) 1-9
- Kemdikbud. (2014). *Materi pelatihan guru implementasi kurikulum 2013 tahun ajaran 2014/2015: Mata pelajaran IPA SMP/MTs*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kemendikbud. (2017). *Panduan Penilaian oleh Pendidik dan Satuan Pendidikan untuk Sekolah Menengah Atas*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2020a). *Buku Panduan Merdeka Belajar - Kampus Merdeka*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. doi.org/10.31219/osf.io/ujmte.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2020b). *Buku Saku Panduan Merdeka Belajar - Kampus Merdeka*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Larmer, J., & Mergendoller, J. (2015). *Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements*. Retrieved from http://bie.org/blog/gold_standard_pbl_essential_project_design_elements
- Leen, C.C., Hong, H., Kwan, F.F.H. & Ying, T.W. (2014). *Creative and Critical Thinking in Singapore Schools*. Singapore: National Institute of Education, Nanyang Technological University.
- Lukman, L.A., Martini, K.S. & Utami, B., (2015). Efektivitas metode pembelajaran project based learning (PjBL) disertai media mind mapping terhadap prestasi belajar siswa pada materi pokok sistem koloid dikelas XI IPA SMA Al Islam 1 surakarta tahun ajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Kimia Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Sebelas Maret*, 4(1)
- Maloy, R. W., Verock, R. E. A., Edward, S. A., Woolf, B. P. (2016). *Transforming Learning with New Technologies*. Pearson.
- Na'imah, N.J., Supartono., Wardani, S.(2015) "Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan E-Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar siswa".
- Nurjannah, T. (2021). *Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Terintegrasi STEM Terhadap Keterampilan 4C Pada Materi Suhu dan Kalor*. Tesis. Medan: Program Studi Pendidikan Fisika, Pascasarjana Universitas Negeri Medan, 2021.
- Pamadhi, H. (2014). *Seni Keterampilan Anak*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Parreira, P., & Eric, Y. (2018). Experimental design laboratories in introductory physics courses: enhancing cognitive task and deep conceptual learning. *Physics*

Education. 53

- Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P21 Framework Definition*. Retrieved Desember 5, 2022, from [http://www.p21.org/our-work/p21-framework/P21 Framework Definitions New Logo2015.pdf](http://www.p21.org/our-work/p21-framework/P21-Framework-Definitions-New-Logo2015.pdf)
- Permendikbudrisetek (2022). Standar Kompetensi Lulusan pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah [JDIH BPK RI] BN.2022/No.161, <https://jdih.kemdikbud.go.id/16hlm> <https://pusatinformasi.guru.kemdikbud.go.id/>
- Sari, F. W., Melati, A. H., & Sartika, P. R. (2018). Deskripsi Retensi Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Nanga Taman Pada Materi Perkembangan Teori Atom. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 7(10), 1–11. <Http://Jurnal.Untan.Ac.Id/Index.Php/Jpdpb/Article/View/29392/75676579009> diakses pada tanggal 20 Desember 2022
- Sugiyono, (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wena, M. (2014). *Strategi pembelajaran inovatif kontemporer: suatu tinjauan konseptual operasional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- ŽivkoviE, S. (2016). A model of critical thinking as an important attribute for success in the 21st century. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 232, 102-108
- Zubaidah, S., Corebima, A.D., & Mistianah. (2015). *Asesmen Berpikir Kritis Terintegrasi Tes Essay*. Prosiding Simposium on Biology Education, Jurusan Biologi FKIP Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, 4-5 April 2015.