

Pembelajaran Fisika Dengan Model PBL Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA

Firdausi Nuzula

Universitas Negeri Surabaya

Email : firdausi.nuzula.1511@gmail.com

Budi Jatmiko

Universitas Negeri Surabaya

Email : budijatmiko@unesa.ac.id

Korespondensi penulis: firdausi.nuzula.1511@gmail.com

Abstract: *Critical thinking is one of the skills that is needed in today's digital era because in the future students are required to have a way of thinking that is more sensitive to diversity. Thus, the purpose of this research is to identify in depth the effect of STEM-based PBL learning model on critical thinking skills through literature study. This research uses the literature review method and bibliographic analysis. In the literature review method, collecting information which was then reduced until three samples of articles were reviewed. In bibliography analysis, collecting data with the help of Publish or Perish software with many 199 articles, in ris file format, and then visualized by VOSviewer. The results showed that the STEM-based PBL model was able to improve the critical thinking skills of high school students.*

Keywords: *Physics, PBL, STEM, Critical Thinking.*

Abstrak: Berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan yang sangat dibutuhkan di era digital seperti saat ini karena kelak siswa terus dituntut untuk memiliki cara berpikir yang lebih peka terhadap keragaman. Sehingga, tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi secara mendalam pengaruh model pembelajaran PBL berbasis STEM terhadap keterampilan berfikir kritis melalui study literatur. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka dan analisis bibliografi. Pada metode tinjauan pustaka, mengumpulkan informasi yang kemudian direduksi hingga digunakan 3 sampel artikel yang diriview. Pada analisis bibliografi, mengumpulkan data dengan bantuan *software Publish of Perish* dengan banyak artikel 199, berformat file ris, dan kemudian divisualisasikan oleh *VOSviewer*. Didapatkan hasil penelitian bahwa model PBL berbasis STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA

Kata kunci: Fisika, PBL, STEM, Berpikir Kritis.

LATAR BELAKANG

Berpikir kritis bukanlah sesuatu yang abstrak, juga bukan sesuatu yang kosong. Berpikir kritis bukan hanya aktivitas intelektual, namun juga berkaitan dengan nilai-nilai. Dengan kata lain, orang yang berpikir kritis memiliki karakter. Era digital memiliki dampak positif pada kesejahteraan dan intensitas komunikasi, serta juga dapat menyebabkan perubahan pikiran. Jika dulu pola pikir tradisional bersifat rutin, otomatis, dan mengikuti rutinitas yang dilakukan terus menerus hingga menjadi kebiasaan, zaman sekarang menuntut sesuatu yang lebih berbeda dari itu semua. Sehingga, di era digital ini, masyarakat terus dituntut untuk memiliki cara berpikir yang lebih peka terhadap keragaman, kritis dan dipaksa untuk terus belajar dan berinovasi dalam pekerjaan yang teratur dan berkualitas [1].

Fisika adalah salah satu mata pelajaran yang ada di tingkat SMA yang mempelajari gejala alam yang ada di lingkungan sekitar [2]. Menurut Permendiknas No. 22 tahun 2016, tujuan dari pembelajaran fisika SMA yakni sebagai sarana melatih siswa untuk menguasai

Received Mei 30, 2023; Revised Juni 30, 2023; Accepted Juli 31, 2023

* Firdausi Nuzula, firdausi.nuzula.1511@gmail.com

pengetahuan, prinsip, dan konsep fisika, keterampilan, serta sikap ilmiah. Siswa cenderung dijejali dengan berbagai informasi yang membutuhkan hafalan, sehingga siswa memiliki banyak pengetahuan dan informasi, namun sulit untuk menghubungkannya dengan situasi yang mereka hadapi. Siswa kesulitan belajar fisika terutama pada materi karena buku hanya berisi rumus dan penjelasan yang sulit dipahami untuk siswa, dan bersifat abstrak karena tidak disertai dengan gambar atau fenomena yang berhubungan dengan kuat arus searah atau DC. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan dalam materi kuat arus searah atau DC bahkan masih banyak siswa mengalami miskonsepsi pada rangkaian DC sederhana [3] dan banyak dari siswa yang masih kurang dalam memahami konsep listrik dinamis atau kuat arus listrik searah [4]. Oleh karena itu pembelajaran langsung di dalam kelas tidak akan cukup bagi siswa untuk memahami sepenuhnya materi pelajaran [5]. Fenomena seperti di ataslah yang menimpa siswa yang mengakibatkan rendahnya hasil belajar siswa.

Pemerintah telah memimpin upaya peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia melalui evaluasi kurikulum. Revisi program terakhir dilakukan pada tahun 2013 (K13) yang dilakukan secara bertahap untuk sekolah dasar dan sekolah menengah. Dimana pembelajaran dicapai dengan menciptakan lingkungan belajar yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan ide dan kreativitas yang dilakukan secara mandiri sesuai dengan bakat dan minat. Dengan demikian, sistem pembelajaran yang dijelaskan dalam standar isi mengarah pada pembelajaran yang berpusat pada siswa [6]. Pembelajaran dengan model Problem Based Learning (PBL) berbasis eksperimen lebih mampu meningkatkan prestasi siswa terhadap mata pelajaran dan mampu meningkatkan berpikir kritis siswa [7]. PBL merupakan pendekatan pedagogis yang kuat dalam menghasilkan pembelajaran yang memiliki potensi berpikir kritis dan ampuh untuk mempersiapkan siswa di masa depan yang semakin digital [8]. Dalam meningkatkan berpikir kritis siswa, guru dapat menggunakan model pembelajaran PBL berbasis STEM. Dibandingkan dengan pembelajaran dengan metode blended learning saja, pembelajaran dengan metode blended learning berbasis proyek lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan juga kemandirian siswa dalam belajar [9]. Pendidikan STEM di Indonesia sangat efektif pada hasil belajar siswa terutama pada literasi sains, berpikir kritis, HOTS, karakter, pemecahan masalah, dan keterampilan abad 21 [10]. STEM mengajarkan dan melatih siswa untuk terlibat dalam pemikiran kritis, penyelidikan, pemecahan masalah, kolaborasi, dan teknik seperti pemikiran desain.

Dari uraian diatas, peneliti menyadari bahwa meningkatkan keterampilan berfikir kritis siswa dapat dilakukan dengan bantuan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbasis STEM. Sehingga, peneliti melakukan identifikasi secara mendalam terhadap pengaruh

model pembelajaran PBL berbasis STEM terhadap keterampilan berfikir kritis melalui *study literatur*.

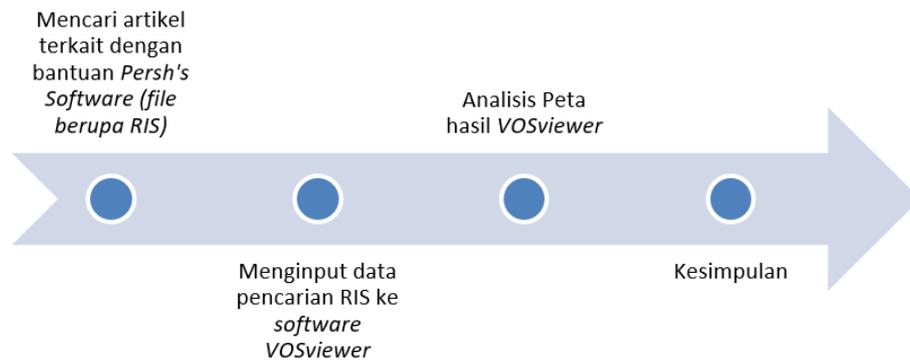
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka adalah membuat referensi secara sistematis dan kritis untuk dokumen yang berisi gagasan, rencana penelitian, data dan rincian metode pengumpulan informasi yang berkaitan dengan topik penelitian [11]. Adapun pereduksian artikel dilakukan dengan kriteria 1) mencari artikel menggunakan kata kunci PBL STEM, PBL, STEM, 2) artikel terbit tahun 2016-2021, 3) artikel tersebut mengkaji pengaruh PBL-STEM terhadap hasil belajar di Indonesia. Sehingga, dalam penelitian ini menggunakan analisis artikel dalam kumpulan data. Artikel tersebut akan dianalisis secara terpisah dan kemudian dirangkum dalam tabel atau diagram [12]. Adapun tahapan dari metode tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1. Metode Tinjauan Pustaka

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data jurnal nasional dibidang pendidikan fisika yang bersumber pada database google scholar dengan kata kunci PBL AND STEM AND STEAM AND Fisika SMA AND Berpikir Kritis dalam kurun waktu 4 tahun terakhir (2017-2021) dengan maksimum hasil pencarian sebanyak 200 artikel. Data berupa penulis jurnal dan konektivitas Problem Based Learning (PBL) dengan STEM pada mata pelajaran Fisika SMA yang dianalisis dengan bantuan software VOSviewer dengan teknik analisis bibliometrik. Bibliometrik merupakan menganalisis atau mengukur buku atau literatur dengan menggunakan pendektan statistika dan matematika (13). Sedangkan VOSviewer adalah sebuah program komputer yang tersedia secara gratis, guna memvisualisasikan dan mengeksplor peta pengetahuan bibliometrik (14). Berikut merupakan bagan metode bibliografi yang digunakan pada penelitian ini:



Bagan 2. Metode Bibliografi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pereduksian artikel dengan kriteria 1) mencari artikel menggunakan kata kunci PBL STEM, PBL, STEM, 2) artikel terbit tahun 2016-2021, 3) artikel tersebut mengkaji pengaruh PBL-STEM terhadap hasil belajar di Indonesia. Didapatkan 3 artikel yang sesuai, sebagai berikut

Tabel 1. Artikel yang Diriview

Peneliti	Judul Jurnal	Akreditasi Jurnal	Temuan
Dewi, Mellya Kaniawati, Ida Suwarma, Irma Rahma	Penerapan pembelajaran fisika menggunakan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah siswa pada materi listrik dinami	Sinta 3	Berdasarkan hasil penerapan metode STEM dapat diketahui bahwa pembelajaran menurut metode STEM memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
Putri, Clarissa Desyana Pursitasari, Indarini Dwi Rubini, Bibin	Problem Based Learning Terintegrasi STEM Di Era Pandemi Covid-19 Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	Sinta 3	Pembelajaran fisika dapat dilakukan secara online menggunakan PBL-STEM pada masa pandemi Covid-19 dan pembelajaran dengan metode PBL STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa
Setia Permana, I Putu Yogi Nyeneng, I Dewa Putu Distrik, I Wayan	The Effect of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approaches on Critical Thinking Skills Using PBL Learning Models	Sinta 3	Penerapan pendekatan STEM dengan model pembelajaran PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dan sebagai alternatif bagi guru sebagai upaya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Menurut hasil penelitian Dewi, Kaniawati, dan Suwarma (2018)[15], dengan mengacu rubrik penilaian tes kemampuan memecahkan masalah seperti berikut,

Tabel 2. Rubrik Instrumen Tes Kemampuan Memecahkan Masalah

Skor	Tahap Kemampuan Memecahkan Masalah				
	Memfokuskan Masalah	Mendeskripsikan Masalah kedalam Konsep Fisika	Merancang Solusi	Merealisasikan Rancangan Solusi	Mengevaluasi Hasil Jawaban
0	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada rancangan solusi	Tidak adanya kemajuan	Tidak ada
1	Kurang menginterpretasi soal	Mengetahui sedikit variabel	Tidak adanya hubungan persamaan matematis	Tidak cocok dalam penyelesaian	Mendapati kesalahan matematis
2	Memahami permasalahan	Kurang lengkapnya gambaran	Persamaan matematis benar	Tidak lengkap dalam hal penyelesaian	Mengalami jalan buntu dan terhenti
3		Gambaran lengkap	Persamaan matematis benar	Penyelesaian rencana lengkap	Menyelesaikan, namun salah dalam memanipulasi angka
4				Lengkap melanjutkan penyelesaian	Lengkap, tuntas
Skor maksimum	2	3	2	4	4

Yang kemudian dianalisis N-gain ternormalisasi, maka didapatkan data kemampuan memecahkan masalah seperti berikut,

Tabel 3. Hasil Pre-test dan Post-Test Kemampuan Memecahkan Masalah

Rata-Rata Kemampuan Memecahkan Masalah	Pre-Test	Post-Test	N-Gain	Keterangan
1	46,05	86,32	0,73	Tinggi
2	24,74	87,02	0,82	Tinggi
3	4,21	70,00	0,69	Sedang
4	1,58	60,00	0,60	Sedang
5	0,00	68,82	0,69	Sedang

Dari tabel 2, terlihat bahwa di setiap tahapan pre-test menunjukkan hasil cukup rendah dengan rata-rata nilai dibawah 50,00. Setelah diterapkan pembelajaran fisika dengan pendekatan *Science, Technology, Engeneering, and Math* (STEM), siswa diberikan instrumen test berupa post-test yang menunjukkan nilau rata-rata yang cukup tinggi pada setiap tahapnya. Sehingga, menurut [15], pembelajaran dengan pendekatan STEM, dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah dalam listrik dinamis. Dimana kemampuan memecahkan masalah dilakukan dalam lima tahap, yaitu memfokuskan permasalahan, mendeskripsikan suatu masalah kedalam konsep fisika, merancang solusi, dan evaluasi hasil jawaban. Pada setiap tahapnya, mengalami peningkatan.

Menurut data hasil penelitian Putri, Puspitasari dan Rubini (2020)[16], pembelajaran PBL-STEM dilakukan secara daring. Selama pelaksanaan pembelajaran PBL-STEM, aktivitas siswa diamati. Adapun perolehan keterampilan berpikir kritis siswa pada kelas PBL-STEM dan kelas PBL sebagai perbandingan.

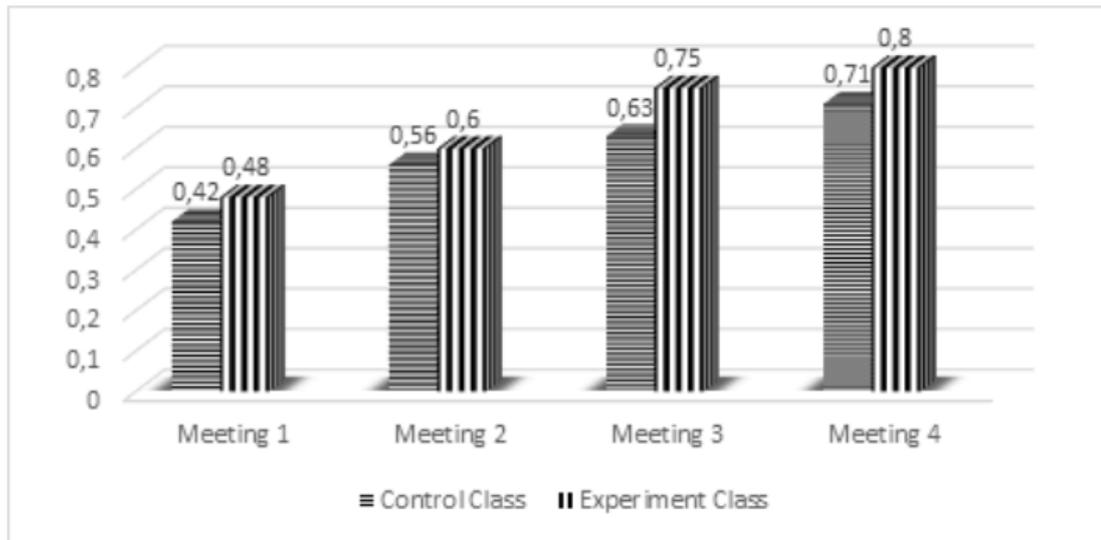
Tabel 4. Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Kelas PBL-STEM dan Kelas PBL

Parameter	PBL-STEM		PBL	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Nilai rata-rata	47,4	85,1	54,8	74,2
Nilai tertinggi	57	92	66	83
Nilai terendah	37	75	40	65
Simpangan baku	6,04	4,21	6,9	4,8
Varians	36,5	17,8	46,9	23,0
N-gain	0,72		0,43	

Tabel 3, menunjukkan rata-rata peningkatan keterampilan berfikir kritis siswa. Pada kelas PBL-STEM, mengalami peningkatan yang lebih besar dari pada kelas PBL. Pembelajaran PBL-STEM memfasilitasi sisiwa dalam hal pengembangan sikap sains, serta mampu mendorong siswa untuk kritis dalam menentukan konsep dan mengaitkan materi yang dipelajari dengan pengalaman. Hasil penelitian ini juga didukung Maulida, Lesmomo, dan Supriadi [17] serta Soros, Ponkham, dan Ekkapin [18], dimana pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan hasil belajar siswa, salah satunya adalah keterampilan berfikir kritis siswa.

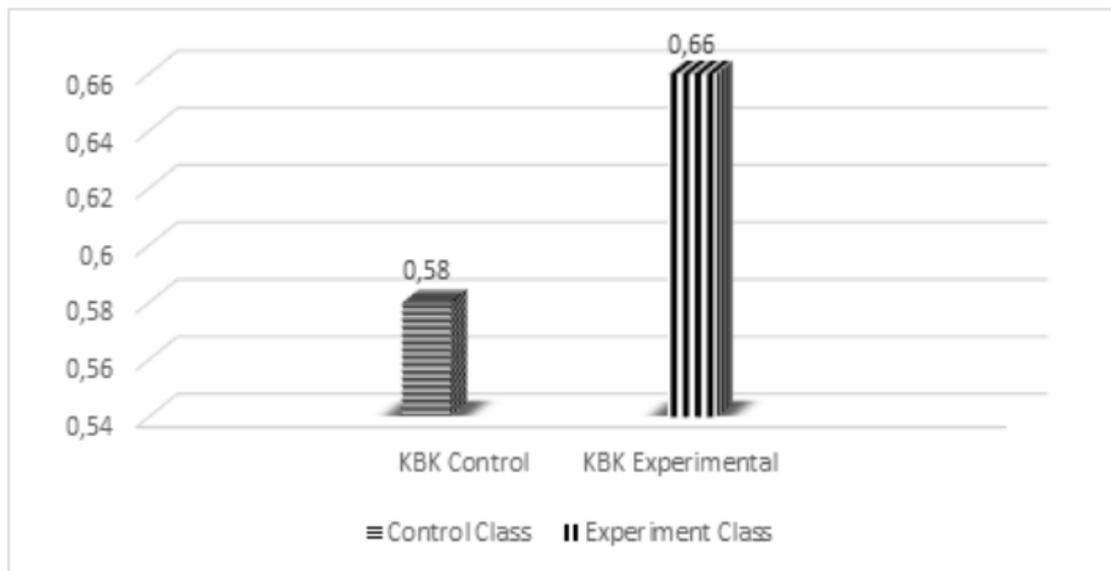
Pendekatan STEM adalah pendekatan integratif untuk pengajaran dan pembelajaran yang mengintegrasikan konten dan keterampilan dalam sains (*science*), teknologi (*technology*), teknik (*engineering*), dan matematika (*mathematics*) [19]. Menurut hasil penelitian Permana I Putu Yogi, Nyeneng I Dewa Putu, dab Distrik I Wayan (2021) [20], menyatakan bahwa penerapan pendekatan STEM dengan model pembelajaran PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, dan pendekatan STEM dengan menggunakan model

pembelajaran PBL dapat dijadikan alternatif bagi guru sebagai upaya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Dimana, penelitian ini menggunakan metode *Experiment Design* dengan desain *nonequivalent control group design*, didapatkan data grafik seperti berikut



Gambar 1. Indikator Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis per Pertemuan

Berdasarkan gambar 1, menunjukkan bahwa rata-rata penilaian indikator pada kelas eksperimen (PBL-STEM) lebih tinggi, dari pada kelas kontrol (PBL). Hal ini dikarenakan pada kelas eksperimen, siswa dituntut untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari agar siswa dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya. Hal ini juga didukung dengan penelitian sebelumnya, dimana model pembelajaran berbasis masalah dapat mengajar siswa untuk mengembangkan kemandirian dan kepercayaan diri dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan dalam konteks kehidupan sehari-hari [21] dan Keterampilan berpikir kritis siswa akan terlatih dan muncul jika siswa dilatih dalam memecahkan masalah dengan menganalisis dan memperhatikan suatu masalah yang diberikan kepada siswa [22]. Dari gambar 1 diatas, maka dapat diakumulasikan grafik seperti berikut



Gambar 2. Grafik Rata-rata Evaluasi Indikator Keterampilan Berpikir Kritis per Pertemuan

Proses pembelajaran pada kelas eksperimen lebih efektif dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Hal ini terjadi karena pembelajaran di kelas eksperimen memadukan aspek pendekatan STEM dengan model sintaks pembelajaran PBL yang menitik beratkan pada pembelajaran siswa. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran aktif terjadi ketika siswa berada pada pusat pembelajarannya, dimana dengan menerapkan pendekatan STEM siswa diminta untuk menemukan jawaban dan terlibat dalam pembelajaran mandiri, berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran [23].

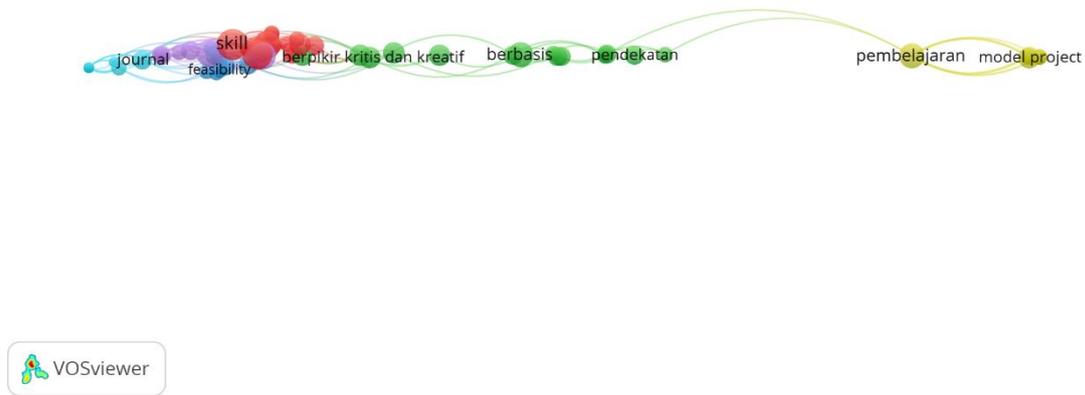
Pengambilan data selanjutnya adalah dengan metode bibliografi. Menurut data hasil pencarian *Harzing's Publish or Perish (PoP)*, dalam kurun waktu 4 tahun (2017-2021) terdapat 119 hasil serupa dengan kata kunci kunci PBL AND STEM AND STEAM AND Fisika SMA AND Berpikir Kritis, dengan total h-index 9. Dari data PoP tersebut, kemudidan disimpan dalam bentuk file "ris" dan divisualkan dengan *VOSviewer*. Pada *VOSviewer*, terdapat 62 items data PoP dan dikelompokkan menjadi 6 *cluster*, yaitu

Tabel 5. Cluster data PoP pada *VOSviewer*

Cluster	Banyak Item	Item
Cluster 1.	17 item	<i>Distance</i> <i>Effect</i> <i>Implementation</i> Indonesia Kelas <i>Outcome</i> Pembelajaran Fisika Pendekatan STEM

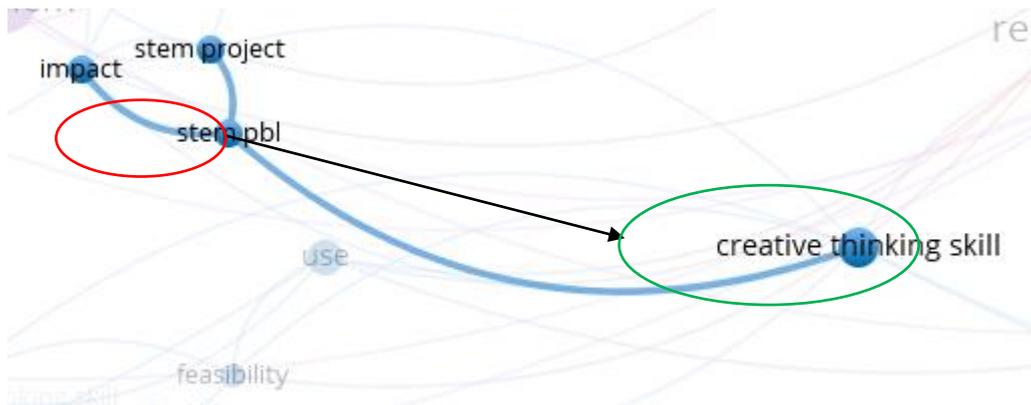
		Penerapan Penerapan Model <i>Primary School</i> <i>Research</i> <i>Skill</i> <i>STEM Education</i> <i>STEM Education Project</i> <i>STEM Problem</i> <i>Theme</i>
<i>Cluster 2.</i>	15 item	Berbasis Berpikir Kritis dan Kreatif Diwujudkan Melalui PBL STEM <i>Gender</i> <i>Inquiry</i> Menganalisis Menggunakan Model Pelajaran Fisika Pendekatan Penelitian Penerapan <i>Project</i> Pengembangan Peserta Didik SMA pada Materi Gelombang Bunyi XI IPA
<i>Cluster 3.</i>	9 item	<i>Creative Thinking Skill</i> <i>Feasibility</i> <i>Impact</i> <i>Media</i> <i>STEM PBL</i> <i>STEM Project</i> <i>Student Worksheet</i> <i>Student Creative Thinking Skill</i> <i>Use</i>
<i>Cluster 4.</i>	8 item	Dapat Melatih dan Meningkatkan Berpikir Kritis <i>Document</i> Menggunakan STEAM adalah perpaduan STEM Modul project <i>Peer Review</i> Pembelajaran <i>Similarity</i> <i>STEAM PjBL Learning</i>
<i>Cluster 5.</i>	7 item	<i>Ability</i> <i>Analysis</i> <i>Ismail</i> <i>Literacy</i> <i>Literatur Review</i> <i>Problem</i> <i>STEM Literacy</i>
<i>Cluster 6.</i>	6 item	<i>Entrepreneurship</i> <i>Innovative Science Education</i> <i>Journal</i> <i>Learning Model</i> <i>STEM Entrepreneur</i> <i>Technique</i>

Dari *cluster* tersebut, dapat divisualisasikan seperti gambar berikut,



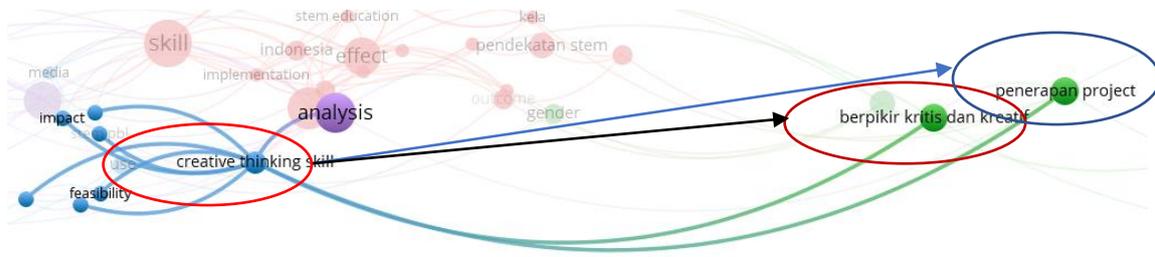
Gambar 3. Visualisasi Data PoP Oleh VOSviewer

Ketika menyorot bagian *STEM PBL*, akan terhubung dengan *creative thinking skill*, seperti pada gambar dibawah



Gambar 4. Tautan yang Berhubungan dengan STEM PBL

Pembelajaran dengan model PBL berpendekatan STEM, dapat meningkatkan kemampuan kognitif, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir kritis siswa. [24][25][26]



Gambar 5. Tautan yang Terhubung dengan *Creative Thinking Skill*

Keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking skill*), terhubung langsung dengan berpikir kritis dan kreatif, dan penerapan project.

Apabila gambar 4 dan gambar 5, dijadikan satu. Maka, PBL-STEM memiliki dampak berupa keterampilan berpikir kreatif dan kritis. Dimana siswa dituntut dalam bidang peerapan project sebagai upaya tercapainya tujuan pembelajaran PBL-STEM yaitu meningkatnya keterampilan berpikir kritis dan kreatif [20].

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian literatur pembelajaran fisika berbasis PBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dapat ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran fisika dengan model PBL berpendekatan STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Karena model yang digunakan adalah PBL, maka tidak hanya dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis saja. Namun, keterampilan memecahkan masalah dan juga keterampilan berpikir kritis juga meningkat. Penelitian ini hanya sebatas study literature, diharapkan peneliti selanjutnya melakukan penelitian lebih dalam dengan bereksperimen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Allah swt yang memberikan rahmat serta hidayahnya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan tepat waktu. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang sekaligus Dosen Pembimbing Penelitian, Prof. Dr. Budi Jatmiko, M.Pd. yang telah memberikan arahan dan bimbingan hingga terselesaikannya penelitian ini, serta ucapan terimakasih diucapkan kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa mendukung peneliti.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Sihotang, K. (2019). *Berpikir Kritis: Kecakapan Hidup di Era Digital*. Yogyakarta: PT Kanisius.
- [2] Mahardini, S. A. K., Isa, A., & Imam, S. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Gerak Parabola Untuk Siswa SMA. *Unnes Physics Education Journal*, 14(1), 40–57. <https://doi.org/10.24042/albayan.v>
- [3] Kalaya, T., Nopparatjamjomras, S., Chitaree, R., & Nopparatjamjomras, T. R. (2019). Worksheet analysis for revealing students' understanding of simple dc circuits. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012164>
- [4] Safrina, I., Maknun, J., & Hasanah, L. (2017). Analysis of Student's Skills on the Concept Dynamic Electricity. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 0–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012104>.
- [5] Karanggulimu, L., Sudjito, D. N., & Noviandini, D. (2017). Desain Modul Praktikum Mandiri Tentang Gerak Parabola Menggunakan Simulasi PhET "PROJECTILE MOTION". *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi* (pp. 216-226). Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- [6] PERMENDIKBUD. (2016). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 22. Tahun 2016. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- [7] Mundilarto, & Ismoyo, H. (2017). Effect of problem-based learning on improvement physics achievement and critical thinking of senior high school student. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5), 761–779. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.761>
- [8] Kek, M. Y. C. A., & Huijser, H. (2011). The power of problem-based learning in developing critical thinking skills: Preparing students for tomorrow's digital futures in today's classrooms. *Higher Education Research and Development*, 30(3), 329–341. <https://doi.org/10.1080/07294360.2010.501074>
- [9] Suastra, I. W., Ristiati, N. P., Adnyana, P. P. B., & Kanca, N. (2019). The effectiveness of Problem Based Learning - Physics module with authentic assessment for enhancing senior high school students' physics problem solving ability and critical thinking ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012027>
- [10] Khotimah, R. P., Adnan, M., Ahmad, C. N. C., & Murtiyasa, B. (2021). Science, Mathematics, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in Indonesia: A Literature Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1776/1/012028>
- [11] Chua, Y. (2016). *Mastering Research Methods*. Selangor: McGraw-Hill Education (Malaysia) Sdn Bhd., June, 1–11.
- [12] Miles, M., & Huberman, A. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. CA: Sage: Thousand Oaks.
- [13] Diodato, V. (2012). *Dictionary of Bibliometrics*. In New York: The Haworth Press. (Vol. 59).
- [14] Leydesdorff, L., & Rafols, I. (2012). Interactive overlays: A new method for generating global journal maps from Web-of-Science data. *Journal of Informetrics*, 6(2), 318–332. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2011.11.003>

- [15] Dewi, M., Kaniawati, I., & Suwarma, I. R. (2018). Penerapan pembelajaran fisika menggunakan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah siswa pada materi listrik dinamis. *Quantum: Seminar Nasional Fisika, dan Pendidikan Fisika*, 0(0), 381–385. <http://seminar.uad.ac.id/index.php/quantum/article/view/287>
- [16] Putri, C. D., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi STEM Di Era Pandemi Covid-19 Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(2), 193–204. <https://doi.org/10.24815/jipi.v4i2.17859>
- [17] Maulidia, A., Lesmono, A. D., & Supriadi, B. (2019). Inovasi pembelajaran fisika melalui penerapan model PBL (problem based learning) dengan pendekatan STEM education untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi elastisitas dan hukum hooke di SMA. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 185–190.
- [18] Soros, P., Ponkham, K., & Ekkapim, S. (2018). The results of STEM education methods for enhancing critical thinking and problem solving skill in physics the 10th grade level. *AIP Conference Proceedings*, 1923. <https://doi.org/10.1063/1.5019536>
- [19] Ritonga, S., & Zulkarnain, Z. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 4(1), 75–81.
- [20] Setia Permana, I. P. Y., Nyeneng, I. D. P., & Distrik, I. W. (2021). The Effect of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approaches on Critical Thinking Skills Using PBL Learning Models. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.20527/bipf.v9i1.9319>
- [21] Dalem, I. D. P. A., Nyeneng, I. D. P., & Suana, W. (2017). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Hasil Belajar Materi Hukum Newton Tentang Gerak. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(3).
- [22] Amto, A., Ertikanto, C., & Nyeneng, I. D. P. (2019). Pengaruh Keterampilan berpikir kritis melalui pembelajaran berbasis aneka sumber belajar terhadap hasil belajar fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.24127/jpf.v7i1.1337>
- [23] Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Jurnal riset dan kajian pendidikan fisika. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2), 53–62.
- [24] Sumarni, W., Wijayati, N., & Supanti, S. (2019). Analisis Kemampuan Kognitif dan Berfikir Kreatif Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek Berpendekatan STEM [The Analysis of Cognitive and Creative Thinking Skill Through The Use of STEM Project Based Learning Model]. *Jurnal Pembelajaran Kimia OJS*, 4(1), 18–30. <http://dx.doi.org/10.17977/um026v4i12019p018>
- [25] Ariani, L., Sudarmin, Nurhayati, S. (2019). Analisis Berpikir Kreatif Pada Penerapan Problem Based Learning Berpendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2307–2317.
- [26] Rohman, A. S., Wiyanto, W., & Astuti, B. (2021). Penerapan model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik SMAN 1 Kembang. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 8(2), 64. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v8i2.21009>