



Studi Kuantitatif Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP Melalui Penerapan *Scaffolding* Gabungan dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM

Indriyawanti*, S K Handayanto, dan E Latifah

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia.

*E-mail: indriphysics@gmail.com

Received
13 November 2020
Revised
14 November 2020
Accepted for Publication
16 November 2020
Published
16 November 2020



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Abstract

Problem solving is one of the basic thinking skills that must be possessed by the community to be able to survive in the 21st century well. Problem solving can be improved by an approach that promotes the investigation process, one of which is problem based learning (PBL) with combined scaffolding. The purpose of this study was to determine whether there were differences in problem-solving abilities between groups of students studying with the STEM-based PBL model and the STEM-based PBL model with combined scaffolding. This research is a quasi-experimental study with a non-equivalent control group design. Data collection is done by tests that will be carried out before and after research in each class. Data from the test results were analyzed by ANCOVA difference test. The results showed that there were significant differences in problem solving skills between students learning through the STEM-based PBL model (control class) and the STEM-based PBL model with combined scaffolding (experimental class).

Keywords: problem solving, PBL, combined scaffolding, STEM.

Abstrak

Pemecahan masalah merupakan salah satu keterampilan berpikir dasar yang harus dimiliki masyarakat untuk dapat bertahan di abad ke-21 dengan baik. Pemecahan masalah dapat ditingkatkan dengan suatu pendekatan yang mengedepankan proses penyelidikan, salah satunya adalah *problem based learning* (PBL) dengan berbantu *scaffolding* gabungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kelompok siswa yang belajar PBL berbasis STEM dan PBL berbasis STEM dengan berbantu *scaffolding* gabungan. Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan rancangan penelitian *non-equivalent control group design*. Pengumpulan data dilakukan dengan tes yang dilakukan sebelum dan sesudah penelitian pada masing-masing kelas. Data hasil tes dianalisis dengan uji beda (ANCOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara siswa yang belajar melalui PBL berbasis STEM (kelas kontrol) dan PBL berbasis STEM dengan *scaffolding* gabungan (kelas eksperimen).

Kata Kunci: pemecahan masalah, PBL, *scaffolding* gabungan, STEM.

1. Pendahuluan

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu keterampilan berpikir yang perlu dimiliki siswa untuk dapat bertahan dengan baik pada kehidupan abad-21 [1]–[3]. Kemampuan pemecahan masalah harus diimplementasikan pada dunia pendidikan untuk menyiapkan generasi yang mampu bersaing di zamannya [4]. Terutama pada mata pelajaran rumpun sains dan teknologi salah satunya adalah fisika [5]. Pembelajaran fisika yang baik, hendaknya selalu mengedepankan aspek pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah merupakan bagian mendasar dari pembelajaran fisika di

sekolah dan elemen penting di dalam segala disiplin ilmiah [6]. Pemecahan masalah harus didasari oleh penguasaan konsep yang baik untuk mampu memecahkan masalah [7]. Salah satu karakteristik pemecahan masalah yang baik adalah mampu menyelesaikan masalah dengan baik dengan menemukan konsep yang mendasari terlebih dahulu, setelah itu menyelesaikan permasalahan tersebut dengan pemahamannya terhadap konsep yang mendasari [6], [8].

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil siswa yang memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik. Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa kemampuan pemecahan masalah masih tergolong rendah. Hasil penelitian Snetinova dan Koupilova [9] secara kualitatif menunjukkan bahwa 35% siswa jarang berpikir tentang konsep dalam memecahkan masalah, 6,3% siswa mencoba menganalisis permasalahan kemudian menemukan konsep yang mendasari, dan sebanyak 38% siswa memecahkan masalah berdasarkan contoh yang ada sebelumnya. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa siswa cenderung menggunakan rumus terlebih dahulu dan membandingkan dengan contoh sebelumnya [7], [10]. Sedangkan, hasil penelitian Docktor [6] menyebutkan bahwa pemecahan masalah dengan memanipulasi persamaan saja tidak dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

Salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dengan menekankan pada penyelidikan adalah model pembelajaran *problem based learning* (PBL). Model pembelajaran PBL menggunakan masalah di dunia nyata sebagai sarana bagi siswa untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang penting dari topik pembelajaran serta melatih kemampuan pemecahan masalah [11]. Hasil penelitian serupa juga mengungkapkan bahwa PBL dapat memberikan dampak pada peningkatan hasil belajar siswa [12]–[15].

Penerapan PBL dalam pembelajaran tidak lepas dari dampak positif dan negatif. Salah satu kelemahan dalam pembelajaran PBL adalah pengetahuan yang diperoleh cenderung tidak teratur [16], [17]. Kelemahan yang menjadi sorotan adalah siswa cenderung hanya mempelajari apapun yang dianggap perlu untuk memecahkan masalah sehingga tidak ada batasan cakupan pengetahuan [16]. Hal ini dapat diatasi dengan panduan belajar [17]. Panduan ini dapat menginformasikan pengetahuan minimal yang harus dikuasai siswa. Panduan belajar tersebut dapat diberikan melalui peta konsep yang merupakan salah satu bentuk *scaffolding* konseptual dan *scaffolding* prosedural. Pemberian *scaffolding* konseptual dalam bentuk masalah yang lebih sederhana sebagai bantuan untuk dapat memecahkan masalah yang lebih kompleks [18]. Sedangkan, *scaffolding* prosedural dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam pembelajaran PBL. *Scaffolding* prosedural digunakan untuk menuntun peserta didik dalam melakukan percobaan di laboratorium [19], peserta didik dilatih untuk melakukan serangkaian kerja ilmiah dalam memecahkan masalah pembelajaran fisika dengan memanfaatkan alat dan bahan yang ada di laboratorium secara maksimal.

Salah satu pendekatan yang mampu meningkatkan pemecahan masalah yang dapat menggabungkan kontekstualitas laboratorium dengan lingkungan alam adalah STEM. Pendekatan yang terintegrasi pada bidang *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) merupakan pendekatan yang tepat dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan [20]. STEM dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah yang rumit secara kolaboratif (*colaborative problem solving*) siswa SMP [21], [7]. Pendekatan STEM mampu menjembatani kesenjangan antara pendidikan dengan kompetensi penting yang diperlukan di tempat kerja [22]. Selain itu, pendekatan STEM juga mampu meningkatkan pengetahuan konseptual, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan kegiatan proyek desain [23].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kelompok siswa yang belajar PBL berbasis STEM dan PBL berbasis STEM dengan berbantu *scaffolding* gabungan. Pada penelitian ini, model pembelajaran yang digunakan yaitu PBL akan dikombinasikan dengan STEM dan dilengkapi dengan *scaffolding*. *Scaffolding* yang digunakan adalah *scaffolding* gabungan yaitu *scaffolding* konseptual dan *scaffolding* prosedural dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Melalui pendekatan *STEM*, siswa yang dapat mengembangkan kompetensi yang telah dimilikinya untuk mengaplikasikan pada berbagai situasi salah satunya adalah memecahkan permasalahan yang dihadapi di kehidupan sehari-hari [24].

Tabel 1. Rancangan penelitian *quasi eksperimen tipe non-equivalent control group design*.

<i>Pretest</i>	Intervensi	<i>Posttest</i>
O ₁	X ₁	O ₂
O ₃	X ₂	O ₄

2. Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen tipe *non-equivalent control group design*. Rancangan ini menggunakan dua kelompok yang diambil secara random sebagai kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara siswa yang belajar dalam model PBL berbasis STEM dengan siswa yang belajar melalui model yang sama yaitu PBL berbasis STEM namun dengan berbantu *scaffolding* gabungan. Rancangan penelitian tipe *non-equivalent control group design* [25] dapat dilihat pada Tabel 1.

O₁ merupakan pengambilan data *pretest* pada kelas model PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan. O₂ merupakan pengambilan data *posttest* pada kelas model PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan. O₃ merupakan pengambilan data *pretest* pada kelas model PBL-STEM. O₄ merupakan pengambilan data *posttest* pada kelas model PBL-STEM. X₁ merupakan pembelajaran model PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan. X₂ merupakan pembelajaran model PBL-STEM.

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa SMPN 1 Wonorejo Kabupaten Pasuruan tahun pelajaran 2018/2019. Sampel kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan teknik *cluster random sampling* [25]. Pemilihan sampel berdasarkan alasan subjek penelitian telah diacak oleh pihak sekolah pada saat pembagian kelas. Subjek penelitian kuantitatif terdiri dari kelas eksperimen yang menggunakan model PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan dan kelas kontrol yang hanya menggunakan model PBL-STEM. Kelas eksperimen pada penelitian ini adalah kelas IX G yang berjumlah 33 siswa dan kelas kontrol adalah kelas IX E yang berjumlah 33 siswa.

Instrumen pengumpulan data kuantitatif berupa tes dengan soal pemecahan masalah. Hasil tes dilakukan uji prasyarat yang mencakup uji normalitas dan uji homogenitas. Untuk menentukan jenis statistik yang digunakan untuk uji hipotesis. Pengujian hipotesis bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian perlakuan yaitu *scaffolding* gabungan pada PBL berbasis STEM. Pengujian hipotesis menggunakan ANCOVA.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Data *Pretest* dan *Posttest*

Sebelum dilakukan penelitian, kedua kelompok kelas diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal siswa pada konteks pemecahan masalah. Hasil dari *pretest* kedua kelas disajikan pada Tabel 2. Setelah dilaksanakan pembelajaran, kedua kelompok kelas diberikan *posttest* untuk mengetahui perubahan terhadap kemampuan siswa pada konteks pemecahan masalah. Hasil *posttest* disajikan pada Tabel 3. Dengan n merupakan jumlah data, nilai \bar{x} merupakan nilai rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa, N_{\min} merupakan nilai minimum, dan N_{\max} merupakan nilai maksimum.

Tabel 2. Data nilai *pretest* siswa.

Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
n	33	33
\bar{x}	22,2	20,9
N_{\min}	15,2	14,0
N_{\max}	31,2	35,7

Tabel 3. Data nilai *posttest* siswa.

Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
n	33	33
\bar{x}	60,4	45,9
N_{\min}	46,6	32,0
N_{\max}	77,3	76,7

3.2. Hasil Uji Prasyarat

Data *pretest* dan *posttest* yang telah diperoleh akan dilakukan uji prasyarat yang mencakup uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji prasyarat untuk uji normalitas disajikan pada Tabel 4 dan uji homogenitas disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan data pada Tabel 4, nilai *sig.* Kolmogorov-Smirnov Z gabungan kedua kelas dengan $N = 66$ yang terdiri dari 33 siswa pada kelas eksperimen dan 33 siswa pada kelas kontrol, nilai *pretest* memiliki *sig.* $0,954 > 0,05$, maka dapat diketahui bahwa data terdistribusi normal. Pada nilai *posttest* memiliki *sig.* $0,718 > 0,05$ juga terdistribusi normal. Berdasarkan data pada Tabel 5, nilai hasil uji *Levene statistic* gabungan kedua kelas dengan $N = 66$ yang terdiri dari 33 siswa pada kelas eksperimen dan 33 siswa pada kelas kontrol, nilai *pretest* memiliki *sig.* $0.207 > 0.05$, maka dapat diketahui bahwa data homogen. Pada nilai *posttest* $0.209 > 0.05$ juga homogen. Hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa data terdistribusi normal dan homogen, maka statistik yang digunakan untuk uji beda yaitu *statistic parametric*. Hasil analisis uji beda ditampilkan pada Tabel 6.

Pada kolom intervensi menunjukkan apakah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara siswa yang belajar dengan model PBL-STEM dibandingkan PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan. Hasil menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara siswa yang belajar melalui model PBL-STEM (kelas kontrol) dan PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan (kelas eksperimen).

Tabel 4. Hasil uji normalitas *one-sample Kolmogorov-Smirnov test*.

Statistik		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
<i>N</i>		66	66
<i>Normal Parameters</i>	<i>Mean</i>	21,5682	53,1348
	<i>Std. Deviation</i>	5,34209	12,88674
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	0,117	0,088
	<i>Positive</i>	0,117	0,088
	<i>Negative</i>	-0,086	-0,057
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		0,954	0,718
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		0,323	0,681

Tabel 5. Hasil uji homogenitas *Levene statistic*.

Nilai	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>Pretest</i>	1,625	1	64	0,207
<i>Posttest</i>	1,609	1	64	0,209

Tabel 6. Hasil uji beda terhadap hasil tes kemampuan pemecahan masalah.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<i>Corrected Model</i>	3.486,547*	1	3.486,547	30,534	0,000
<i>Intercept</i>	186.338,600	1	186.338,600	1.632	0,000
<i>Intervensi</i>	3.486,547	1	3.486,547	30,534	0,000
<i>Error</i>	7.307,883	64	114,186	-	-
<i>Total</i>	197.133,030	66	-	-	-
<i>Corrected Total</i>	10.794,430	65	-	-	-

**R Squared* = 0,323 (*Adjusted R Squared* = 0,312)

3.3. Pembahasan

Scaffolding merupakan bantuan yang diberikan dalam proses pembelajaran untuk mempermudah pembelajaran. *Scaffolding* merupakan bantuan yang diberikan pada siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran. *Scaffolding* menjadi jembatan mengatasi kesulitan belajar siswa [26], [27]. *Scaffolding* yang digunakan pada penelitian adalah *scaffolding* gabungan yang menggabungkan antara *scaffolding* prosedural dengan konseptual. *Scaffolding* prosedural membantu siswa dengan memanfaatkan sumber daya dan alat-alat yang tersedia dalam proses pembelajaran. *Scaffolding* konseptual digunakan dalam penelitian ini karena dapat membantu siswa untuk menyelesaikan masalah [26]. *Scaffolding* konseptual dapat mengurangi beban kognitif siswa serta membantu siswa dalam mengelola berbagai informasi untuk memecahkan masalah [28]. Bentuk *scaffolding* konseptual yang diberikan dalam penelitian ini terdiri dari peta konsep dan dua soal pengantar. Peta konsep yang digunakan untuk menginformasikan pengetahuan dasar yang harus dikuasai siswa [17]. Peta konsep menggambarkan hubungan bermakna dan hubungan antar konsep [29]. Soal pengantar digunakan untuk menstimulus perhatian siswa terhadap konsep dasar yang terkait dengan penyelesaian soal untuk pemecahan masalah berikutnya [18].

Pada penelitian ini, *scaffolding* dipadukan dengan model pembelajaran PBL berbasis STEM. *Problem based learning* (PBL) merupakan salah satu pembelajaran yang berpusat pada siswa dan fokus pada keterampilan yang penting untuk belajar sepanjang hayat [30]. PBL juga menggunakan masalah sebagai awal untuk memperoleh dan memadukan pengetahuan baru. Tahapan PBL adalah orientasi siswa pada masalah, mengorganisasikan siswa dalam belajar, membimbing penyelidikan individu dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta mengevaluasi proses pemecahan masalah [31]. Unsur STEM dan PBL dipadukan pada suatu pembelajaran. Tahapan kegiatan PBL-STEM dapat dilihat pada Tabel 7.

Pemberian *scaffolding* konseptual atau *scaffolding* prosedural dalam pembelajaran PBL berbasis STEM dalam penelitian ini dilakukan pada tahap pembelajaran ketiga, yaitu membimbing penyelidikan individu dan kelompok. Pada tahapan ini siswa melakukan penyelidikan kelompok melalui percobaan, kemudian mengerjakan LKS berbantuan *scaffolding* konseptual/*scaffolding* prosedural. Pada saat mengerjakan LKS berbantuan *scaffolding* konseptual siswa diminta untuk melengkapi peta konsep sebagai bentuk *scaffolding* konseptual. Peta konsep ini diharapkan dapat membantu siswa dalam memperkuat ingatan konsep yang dipelajari serta memfokuskan pikiran siswa dalam menyederhanakan dan menghubungkan beberapa konsep. Selain peta konsep, bentuk *scaffolding* konseptual juga diberikan dalam bentuk dua pertanyaan pengantar. Dua soal pengantar merupakan bagian dari tiga soal latihan di bagian akhir LKS. Jawaban dua soal pengantar mengandung konsep yang terkait dengan pemecahan soal ketiga. Dua soal pengantar diharapkan dapat mengarahkan siswa pada konsep dasar yang sesuai untuk memecahkan permasalahan soal ketiga dan menstimulus perhatian siswa terhadap konsep dasar yang berkaitan dengan penyelesaian soal pemecahan masalah berikutnya. *Scaffolding* prosedural diberikan pada saat pembelajaran berlangsung yang mengedepankan kegiatan percobaan. *Scaffolding* prosedural diberikan untuk memudahkan siswa dalam mengerjakan kegiatan praktikum.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan perlakuan pemberian *scaffolding* pada kelas eksperimen yang menggunakan PBL-STEM. Secara keseluruhan, dua kelas penelitian yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol sama-sama mengalami peningkatan prestasi belajar, namun peningkatan lebih tinggi dialami oleh kelas eksperimen. Pada tabel 6 terlihat bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara siswa yang belajar melalui model PBL-STEM (kelas kontrol) dan PBL-STEM dengan *scaffolding* gabungan (kelas eksperimen). Kesimpulan ini diperoleh karena nilai signifikansi intervensi $0,000 < 0,05$ yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan pada pembelajaran yang menggunakan *scaffolding* gabungan. Hal ini senada dengan beberapa penelitian terdahulu yang melakukan penelitian menggunakan *scaffolding* dengan PBL oleh Lin *et al.* [26] yang mengatakan bahwa penggunaan *scaffolding* tepat digunakan untuk menutupi kelemahan PBL. Begitu juga dengan penelitian terkait *scaffolding* yang dipadukan dengan STEM, menunjukkan hasil bahwa STEM dengan *scaffolding* dapat meningkatkan prestasi belajar siswa yang sesuai dengan teori yang diungkapkan oleh Belland [28].

Tabel 7. Tahapan model PBL.

Tahapan	Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran	Unsur STEM
Tahap 1	Orientasi siswa pada masalah	Siswa menyimak penjelasan tentang tujuan pembelajaran dan logistik yang dibutuhkan	<i>Science, Technology</i>
Tahap 2	Mengorganisasikan siswa	Siswa dimotivasi untuk terlibat aktif dalam pemecahan masalah yang dipilih	<i>Science, Technology</i>
Tahap 3	Membimbing penyelidikan individu dan kelompok	Siswa didorong mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut	<i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i>
Tahap 4	Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Siswa dibimbing dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan, model dan berbagi tugas dengan teman	<i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i>
Tahap 5	Menganalisa dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Hasil belajar siswa dievaluasi terkait materi yang telah dipelajari/meminta kelompok presentasi hasil kerja	<i>Science, Technology Engineering, Mathematics</i>

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan model *problem based learning* (PBL) dengan pendekatan *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) berbantu *scaffolding* gabungan dapat meningkatkan pemecahan masalah secara signifikan dibandingkan dengan pembelajaran yang menggunakan model *problem based learning* (PBL) dengan pendekatan *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) saja. Kelas dengan PBL-STEM berbantu *scaffolding* gabungan memiliki kemampuan pemecahan lebih baik. Saran yang peneliti berikan untuk penelitian lanjutan adalah penekanan pada penggunaan *scaffolding* prosedural lebih ditegaskan pada tahapan pembelajaran. Sehingga *scaffolding* prosedural lebih nampak bukan hanya sebagai langkah pembelajaran saja.

Daftar Rujukan

- [1] P. Mishra, M. J. Koehler, and D. Henriksen, "The Seven Trans-Disciplinary Habits of Mind: Extending the TPACK Framework towards 21st Century Learning," *Educ. Technol.*, vol. 51, no. 2, pp. 22–28, 2011.
- [2] F. Adeoye, "Effect of Problem Solving Skill and Cooperative Learning Strategies on Senior Secondary School Student's Achievement in Physics," *J. Theory and Practice in Educ.*, vol. 1, no. 6, pp. 235–266, 2011.
- [3] S. Greiff, V. Daniel, and F. Joachim, "Perspective on Problem Solving in Educational Assesment: Analytical, Interactive, and Collaboratif Problem Solving," *The Journal of Problem Solving*, vol. 2, no. 5, pp. 71–91, 2013.
- [4] A. Baswedan, *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2016.
- [5] I. Idawati, M. Muhandjito, and L. Yuliati, "Authentic Learning Berbasis Inquiry dalam Program STEM terhadap Literasi Sainifik Siswa Berdasarkan Tingkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa," *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, & Pengembangan*, vol. 4, no. 8, pp. 1024–1029, 2019.
- [6] J. Doctor *et al.*, "Assesing Student Written with Application to Introductory Physics," *Phys. Rev. Spec. Top. – Phys. Educ. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [7] K. Y. Lin, "Design of An Assessment System for Collaborative Problem Solving in STEM Education," *J. Comput. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 301–322, 2015.
- [8] C. L. Chiang and H. Lee, "The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem-Solving Ability of Vocational High School Students," *Int. J. Informa. Educ. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 709–712, 2016.
- [9] M. Snetinova and Z. Koupilova, "Students' Difficulties in Solving Physics Problems," in *WDS'12 Proc. Contributed Papers*, 2012, pp. 93–97.

- [10] A. Alamsyah, A. Kade, and J. Mansyur, "Analisis Kesulitan Siswa dalam Memecahkan Soal Fisika SMP pada Materi Usaha dan Energi," *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, vol. 6, no. 1, pp. 40–43, 2018.
- [11] R. Johar and L. Hanum, *Strategi Belajar Mengajar*. D. I. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [12] E. Borokhovski, R. M. Bernard, R. M. Tamim, R. F. Schmid, and A. Sokolovskaya, "Technology-Supported Student Interaction in Post-Secondary Education: A Meta-Analysis of Designed Versus Contextual Treatments," *Comp. Educ.*, vol. 96, pp. 15–28, 2016.
- [13] S. Gonen and B. Basaran, "The New Method of Problem Solving in Physics Education by Using Scorm-Compliant Content Package," *Turkish Online J. Didtance Educ. (TOJDE)*, vol. 3, no. 9, pp. 112–120, 2008.
- [14] S. Ercan, A. E. Bozkurt, B. Tastan, and I. Dag, "Integrating GIS into Science Classes to Handle STEM Education," *J. Turkish Sci. Educ.*, vol. 13, pp. 30–43, 2016.
- [15] B. Ibrahim and N. Rebello, "Representational Task Formats and Problem Solving Strategies in Kinematics and Work," *Phys. Rev. Spec. Top.-Phys. Educ. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–19, 2012.
- [16] S. Ravindranath, W. K. Abrew, and V. D. Nadarajah, "Student's Perception of Mind Mapping in Problem-Based Learning," *J. Contemp. Med. Edu.*, vol. 4, no. 2, pp. 60–66, 2016.
- [17] C. A. R. González and J. M. F. Batanero, "A Review of Problem-Based Learning Applied to Engineering," *EduRe J.: Int. J. Adv. Educ. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 14–31, 2016.
- [18] L. Ding, N. Reay, A. Leea, and L. Bao, "Exploring the Role of Conceptual Scaffolding in Solving Synthesis Problems," *Phys. Rev. Spec. Top.-Phys. Educ. Res.*, vol. 7, no. 2, p. 020109, 2011.
- [19] R. Amelia, S. Handayanto and M. Muhardjito, "The Influence of V Diagram Prosedural Scaffolding in Group Investigation towards Students with High and Low Prior Knowledge," *J. Pendidik. IPA Indo.*, vol. 5, no. 1, pp. 109–115, 2016.
- [20] S. S. Guzey, T. J. Moore, M. Harwell, and M. Moreno, "STEM Integration in Middle School Life Science: Student Learning and Attitudes," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 550–560, 2016.
- [21] R. W. Bybee, "Advancing STEM Education: A 2020 Vision," *Technol. Eng. Teach.*, vol. 1, no. 70, pp. 30–35, 2010.
- [22] H. Jang, "Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 25, no. 2, pp. 284–301, 2015.
- [23] S. C. Fan and K. C. Yu, "How An Integrative STEM Curriculum Can Benefit Students in Engineering Design Practices," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 27, no. 1, pp. 107–129, 2017.
- [24] A. Widayoko, E. Latifah, and L. Yuliati, "Peningkatan Kompetensi Literasi Saintifik Siswa SMA dengan Bahan Ajar Terintegrasi STEM pada Materi Impuls dan Momentum," *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, & Pengembangan*, vol. 3, no. 11, pp. 1463–1467, 2018.
- [25] J. V. D. Akker, B. Bannan, A. E. Kelly, N. Nieveen, and T. Plomp, "Educational Design Research: An Introduction," in *Educational Design Research*, T. Plomp and N. Nieveen, Eds., Eschede: SLO, pp. 11–50, 2013.
- [26] T. C. Lin *et al.*, "A Review of Empirical Evidence on Scaffolding for Science Education," *Int. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 437–455, 2012.
- [27] A. W. Lazonder and R. Harmsen, "Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance," *Rev. Educ. Res.*, vol. 86, no. 3, pp. 681–718, 2016.
- [28] B. R. Belland, "Instructional Scaffolding: Foundations and Evolving Definition," in *Instructional Scaffolding in STEM Education*. Netherlands: Springer, pp. 17–53, 2017.
- [29] R. M. Lopes *et al.*, "Principles of Problem-Based Learning for Training and Professional Practice in Ecotoxicology," *Sci. Total Environ.*, vol. 702, p. 134809, 2020.
- [30] I. Muslim, A. Halim, and R. Safitri, "Penerapan Model Pembelajaran PBL untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Konsep Elastisitas dan Hukum Hooke di SMA Negeri Unggul Harapan Persada," *J. Pendidik. Sains Indo.*, vol. 3, no. 2, pp. 35–50, 2015.
- [31] R. I. Arends, *Learning to Teach Ninth Edition*, 9th ed. New York, USA: McGraw-Hill, 2012.