

Tersedia Online:

<http://journal2.um.ac.id/index.php/jrpf/>

ISSN: 2548-7183

JRPF

(Jurnal Riset Pendidikan Fisika)



Pengaruh PjBL-STEM Disertai Asesmen Formatif terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke

S D Lukitawanti*, Parno, dan S Kusairi

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

*E-mail: sartikalukita@gmail.com**Received**

14 April 2020

Revised

05 May 2020

Accepted for Publication

13 November 2020

Published

14 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

This study aims to determine the problem-solving abilities of students who study with the PjBL-STEM model with formative assessment compared students who learn with the PjBL model. The research design used was quasi-experimental design with pretest posttest control group design. The research sample consisted of the experimental class and the control class. Item description problem solving abilities are used as a test to know the results of students' problem solving abilities after being given treatment. There are five indicators, namely "Useful description", "Physics approach", "Specific application of physics", "Mathematical procedures", and "Logical progression". Based on the results of the two-party t-test, the result of $t_{count} = 5.549 > t_{table} = 1.996$ with $X_{experiment} = 72.81 > X_{control} = 65.94$ shows that the problem-solving ability of students who learn with the PjBL-STEM model accompanied by formative assessment is higher than with PjBL model. Thus it is said that the PjBL-STEM model with formative assessment influences the problem-solving ability on the subject of elasticity and Hooke's law.

Keywords: problem solving ability, elasticity and Hooke's law, PjBL-STEM model, formative assessment.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pemecahan masalah siswa yang belajar dengan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif dibandingkan dengan siswa yang belajar dengan model PjBL. Rancangan penelitian yang digunakan adalah eksperimen semu dengan desain *pretest posttest control group design*. Sampel penelitian terdiri dari kelas eksperimen dan kelas kontrol. Butir soal uraian kemampuan pemecahan masalah digunakan sebagai tes untuk mengetahui hasil kemampuan pemecahan masalah siswa setelah diberi perlakuan. Terdapat lima indikator yang digunakan, yaitu "Useful description", "Physics approach", "Specific application of physics", "Mathematical procedures", dan "Logical progression". Berdasarkan hasil uji t-dua pihak, didapatkan hasil $t_{hitung} = 5,549 > t_{tabel} = 1,996$ dengan $X_{eksperimen} = 72,81 > X_{kontrol} = 65,94$ yang menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa yang belajar dengan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih tinggi daripada dengan model PjBL. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model PjBL-STEM disertai asesmen formatif berpengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah pada pokok bahasan elastisitas dan hukum Hooke.

Kata Kunci: kemampuan pemecahan masalah, elastisitas dan hukum Hooke, model PjBL-STEM, asesmen formatif.

Sitasi: S. D. Lukitawanti, Parno, dan S. Kusairi, "Pengaruh PjBL-STEM Disertai Asesmen Formatif terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke," *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, vol. 5, no. 2, hal. 83–91, 2020.

1. Pendahuluan

Pemecahan masalah merupakan hal yang sangat penting bagi pembelajaran fisika khususnya pada abad 21 ini [1], [2]. Pemecahan masalah juga telah menjadi domain tambahan dalam penilaian PISA tahun 2013 [3]. Oleh karena itu, pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika menjadi sebuah keharusan. Berdasarkan penelitian terdahulu dinyatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran fisika masih tergolong rendah [4]. Survey yang dilakukan oleh *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) menunjukkan bahwa lebih dari 10% siswa tidak dapat memecahkan permasalahan dasar berkenaan dengan topik fisika [3].

Kendala dalam pemecahan masalah juga dirasakan pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Azizah [4], persentase siswa dalam memecahkan permasalahan dalam materi elastisitas dan hukum Hooke mencapai 17%. Hal ini terjadi karena adanya ketidaksesuaian pemahaman yang diperoleh siswa dengan konsep yang sebenarnya. Sementara itu, materi elastisitas dan hukum Hooke merupakan materi yang penting untuk dipahami mengingat adanya keterkaitan dengan materi lainnya seperti materi osilasi dan gelombang. Oleh karena itu, perlu diterapkan model pembelajaran yang tepat untuk mengurangi adanya kendala tersebut.

Berdasarkan penelitian guna mengetahui tingkat kemampuan pemecahan masalah siswa, telah digunakanlah strategi *Problem Based learning* (PBL) berbasis ICT [5]. Strategi ini digunakan untuk memberikan pengalaman nyata guna merangsang keaktifan siswa dalam proses pembelajarannya. Lain halnya dengan penelitian tersebut, model pembelajaran kooperatif tipe *jigsaw* juga digunakan dalam pemecahan masalah siswa yang menekankan pada aktivitas siswa dalam bersosialisasi [6]. Penelitian lainnya mendalami tentang kemampuan pemecahan masalah siswa dengan mengembangkan modul pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* [7]. Modul yang dikembangkan bertujuan untuk menjembatani pengetahuan dan pengalaman siswa dengan menuntut siswa agar dapat menalar dengan baik. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih kurang sesuai mengingat kemampuan pemecahan masalah mencakup beberapa disiplin ilmu yakni sains, psikologi, pendidikan, matematika, dan fisika [8].

Model yang terkenal dengan kemampuan pemecahan masalah adalah *Project Based Learning* (PjBL) [9]. Model PjBL menyediakan informasi yang luas dan kaya [10]. Dalam pemecahan masalahnya, model PjBL menuntut siswa dalam pengerjaan proyek [11]. Selain itu, model PjBL juga membentuk sikap interdisiplin dimana siswa dilibatkan pada banyak keterampilan akademik seperti membaca, menulis, dan matematika [10]. Hal ini sesuai dengan cakupan kemampuan pemecahan masalah yang juga terdapat pada beberapa disiplin ilmu.

Model PjBL dapat dioptimalkan melalui integrasi dengan suatu pendekatan yang juga mampu membantu dalam ketercapaian disiplin ilmu. Adapun penelitian yang mengintegrasikan model PjBL dengan media audio-visual yang dipastikan dapat memunculkan serta mengembangkan indikator keterampilan proses sains siswa. Dengan demikian, pembelajaran yang berlangsung tidak hanya terfokus pada hasil melainkan juga pada prosesnya [11]. Penelitian lainnya mengembangkan model PjBL menggunakan pendekatan saintifik guna mendorong siswa dalam mengembangkan keterampilan berkomunikasi serta melibatkan siswa dalam mengumpulkan informasi yang kemudian akan diimplementasikan dalam dunia nyata [12]. Pengintegrasian pendekatan dalam penelitian-penelitian tersebut tidak membantu keberhasilan model dalam mewujudkan sikap interdisiplinnya, sehingga perlu adanya integrasi dengan pendekatan yang juga mencakup interdisipliner yakni dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) [13].

Model yang diintegrasikan dengan STEM ditujukan untuk lebih meningkatkan efektivitas pemecahan masalah siswa. STEM merupakan kombinasi pembelajaran sains, teknologi, teknik, dan analisis matematis, dimana nantinya kombinasi tersebut dapat diaplikasikan dalam menyelesaikan suatu permasalahan dalam kehidupan nyata [14], [15]. Model PjBL akan lebih sesuai bila diintegrasikan dengan STEM [16]. Ditinjau dari pengalaman yang didapatkan, model PjBL-STEM mampu membangun pengetahuan, teknologi, teknik, dan konsep matematis [17]. Namun, ditinjau dari aspek penilaian, model PjBL-STEM menilai hanya dari hasil proyek yang dikembangkan tanpa meninjau prosesnya [18].

Model PjBL-STEM perlu perspektif baru terkait definisi asesmen [10]. Asesmen seringkali dipandang dengan pemberian tes yang nantinya dicetak dalam bentuk skor [19]. Adanya anggapan seperti itu merupakan dampak dari seringnya guru menggunakan asesmen sumatif. Asesmen sumatif merupakan bentuk pengambilan keputusan yang dilakukan pada akhir masa pembelajaran tentang sejauh mana siswa mampu untuk maju pada tingkatan berikutnya [20]. Asesmen semacam ini harus dihindari karena dapat membahayakan tingkat percaya diri siswa [19]. Oleh karena itu, perlu adanya anggapan baru terkait asesmen khususnya dalam penerapan model PjBL-STEM.

Anggapan baru terkait asesmen yaitu asesmen bukan hanya sekedar pemberian tes dan skor saja, melainkan merupakan pemberian pandangan baik siswa maupun guru terkait pencapaiannya selama proses pembelajaran berlangsung [21]. Asesmen yang dimaksud adalah asesmen formatif [10]. Asesmen formatif merupakan proses terencana tentang perolehan status siswa dan dimanfaatkan oleh guru dalam mengatur prosedur pembelajaran yang berkelanjutan serta dimanfaatkan oleh siswa untuk mengatur strategi belajar mereka [22]. Asesmen formatif juga didefinisikan sebagai proses asesmen yang dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung guna memahami kemajuan siswa dalam belajar, serta memperoleh informasi tentang bagaimana guru mengembangkan keberlangsungan pembelajaran [23]. Dalam pelaksanaan asesmen formatif di kelas terdapat beberapa kombinasi yakni *developing classroom talk and questioning, giving appropriate feedback, sharing criteria with learners, peer assessment and self-assessment*, dan *thoughtful and active learners*. Adanya pengintegrasian asesmen formatif dalam model PjBL-STEM membuahkan manfaat yang baik [22].

Manfaat dari pengintegrasian asesmen formatif dalam model PjBL-STEM antara lain menyatukan komponen proyek, mempertahankan motivasi siswa untuk belajar, serta memberikan guru dan siswa informasi yang berguna dalam pembelajarannya [24], [25]. Selain itu, siswa dapat menerapkan pemahaman mereka tentang berbagai konsep dan guru juga dapat melakukan asesmen formatif melalui teknologi, seperti sistem respon kelas dan rubrik. Asesmen formatif dalam model PjBL-STEM membantu siswa bertransisi dari regulasi yang diberlakukan atas dasar kelompok menjadi mandiri. Oleh karena itu, model PjBL-STEM yang disertai dengan asesmen formatif dapat mengembangkan seluruh pribadi, merangsang kreativitas, dan menumbuhkan kelompok individual yang bertanggung jawab [10].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait model PjBL yang diintegrasikan dengan STEM bertema pencemaran udara, kapal *boat* pada pokok bahasan energi, dan audio *speaker* [11], [26], [27]. Pembelajaran ini ditujukan untuk mencapai kompetensi-kompetensi yang ada. Berdasarkan kajian teori dan literatur, dapat dimungkinkan untuk melakukan penelitian tentang pengaruh PjBL-STEM disertai asesmen formatif terhadap kemampuan pemecahan masalah pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

2. Metode

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen semu (*quasy experiment*) dengan desain *pretest posttest control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA SMAN 7 Malang. Penentuan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, dimana kelas XI MIPA 3 dengan jumlah 32 siswa sebagai kelas eksperimen yang belajar dengan menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif dan kelas XI MIPA 4 dengan jumlah siswa 31 siswa sebagai kelas kontrol yang belajar dengan menggunakan model PjBL.

Penelitian ini menggunakan dua jenis instrumen yakni instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan terdiri atas RPP dan LKPD. Instrumen pengukuran berupa lembar keterlaksanaan pembelajaran guru dan siswa, serta butir soal kemampuan pemecahan masalah. Seluruh instrumen divalidasi oleh dosen ahli. Untuk butir soal kemampuan pemecahan masalah divalidasi empiris pada kelas XII yang sudah mendapatkan materi tersebut. Berdasarkan hasil validasi empiris, 10 soal yang diberikan semuanya adalah valid sehingga 10 soal tersebut dipilih untuk *pretest* dan *posttest*. Reliabilitas untuk 10 soal didapatkan sebesar 0,807 yang artinya instrumen tersebut sangat reliabel. Data yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* dilakukan uji prasyarat (uji normalitas dan uji homogenitas) sebelum melalui uji hipotesis. Untuk mengetahui kesetaraan keadaan awal siswa maka dilakukan uji-t dua pihak. Uji-t dua pihak juga digunakan dalam menguji hasil *posttest* siswa untuk mengetahui perbedaan hasil kemampuan pemecahan masalah siswa setelah diberi perlakuan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* kemampuan pemecahan masalah siswa didapatkan dari sampel yang normal dan homogen. Keadaan awal kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum diberi perlakuan adalah sama. Uji hipotesis menunjukkan bahwa rata-rata nilai kemampuan pemecahan masalah siswa pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol terdapat perbedaan. Rata-rata nilai kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dibandingkan pada kelas kontrol.

Berdasarkan hasil analisis uji-t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah diberi perlakuan. Perbedaannya adalah kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen yang menggunakan PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih tinggi daripada kemampuan pemecahan masalah pada kelas kontrol yang menggunakan model PjBL. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yakni siswa yang diberi pembelajaran dengan model PjBL-STEM umumnya akan memiliki kemampuan yang lebih baik [28]. Penelitian sebelumnya juga mengatakan bahwa model PjBL-STEM dapat bermanfaat bagi siswa yaitu dapat meningkatkan prestasi dari rendah ke tinggi dan mengurangi kesenjangan prestasi [29]. Penelitian tersebut juga terbukti pada penelitian ini yakni berdasarkan hasil analisis uji-t pada kelas yang diberi perlakuan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih tinggi daripada yang diberi perlakuan model PjBL saja. Analisis *pretest* disajikan pada Tabel 1. Sedangkan ringkasan analisis *posttest* disajikan pada Tabel 2.

Pada pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan, siswa lebih banyak diberi kegiatan. Hal ini sesuai dengan pernyataan peneliti bahwa pembelajaran berbasis proyek akan berpusat pada siswa guna memahami konsep suatu materi [30]. Selain itu, siswa dilibatkan dalam berbagai aspek antara lain sains, teknologi, teknik, dan matematika yang berupa pembuatan proyek dalam memecahkan permasalahan. Pelaksanaan ini sesuai dengan model PjBL-STEM yang melibatkan proses siswa dalam menerapkan berbagai cabang pengetahuan yakni sains, teknologi, teknik, dan matematika. Model ini juga serasi bila digunakan untuk mengukur tingkat kemampuan pemecahan masalah siswa. Hal ini dikarenakan kemampuan pemecahan masalah juga mencakup beberapa disiplin ilmu [31].

Pada pelaksanaan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif, siswa lebih termotivasi dalam mengerjakan tugas yang diberikan dan lebih memahami konsep materi yang diajarkan dengan baik. Tugas yang diberikan berupa pembuatan proyek guna memecahkan suatu permasalahan. Hal ini sesuai dengan pendapat salah satu peneliti dimana produk yang dihasilkan siswa digunakan untuk memaknai materi yang diajarkan dan mencapai tujuan [32]. Selain itu model tersebut dapat meningkatkan motivasi siswa serta ketertarikan siswa pada keberlangsungan pembelajaran [10].

Tabel 1. Ringkasan analisis *pretest*.

Aspek Uji		Hitung	Tabel	Keterangan
<i>Liliefors</i>	Eksperimen	0,144	0,159	Normal
	Kontrol	0,139	0,161	Normal
<i>Fisher</i>		1,043	1,828	Homogen
Uji-t dua pihak		1,415	1,670	Tidak terdapat perbedaan
<i>Mean</i>	Eksperimen	38,98	-	-
	Kontrol	37,20	-	-

Tabel 2. Ringkasan analisis *posttest*.

Aspek Uji		Hitung	Tabel	Keterangan
<i>Liliefors</i>	Eksperimen	0,094	0,159	Normal
	Kontrol	0,121	0,161	Normal
<i>Fisher</i>		1,202	1,834	Homogen
Uji-t dua pihak		5,549	1,996	Terdapat perbedaan
<i>Mean</i>	Eksperimen	72,8		Kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen lebih tinggi
	Kontrol	65,9		

Hal ini sesuai dengan hasil wawancara yang mana siswa menyatakan pembelajaran seperti inilah yang membuat mereka tertarik dengan keberlangsungan pembelajaran dan tidak membuat siswa bosan karena hanya berkutik dengan rumus saja. Selain itu berdasarkan angket respon siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran, didapatkan persentase pemahaman siswa terhadap materi adalah 92% yang berarti siswa sangat setuju dengan pembelajaran yang diterapkan.

Pada penelitian ini siswa tampak merasa memiliki tanggung jawab yang besar dengan tugas yang diberikan. Hal ini dikarenakan adanya asesmen formatif dalam model PjBL-STEM yang membantu siswa untuk bertransisi dari regulasi yang diberlakukan atas dasar kelompok menjadi mandiri. Kondisi ini mengharuskan siswa untuk memecahkan permasalahan yang diberikan oleh guru sehingga struktur kognitif siswa meningkat dan juga membantu siswa dalam membangun pengetahuannya sendiri, sehingga mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah [28]. Kelebihan lain dari penerapan asesmen formatif dalam model PjBL-STEM adalah dapat mengembangkan seluruh pribadi, merangsang kreativitas, dan menumbuhkan kelompok individual yang bertanggung jawab [10]. Hasil wawancara salah satu siswa juga menyatakan bahwa adanya asesmen formatif yang diberlakukan dapat membuat masing-masing individu dilibatkan secara penuh dalam setiap tahapan pembelajaran.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kelas yang diberi perlakuan menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif mendapatkan hasil yang lebih baik dalam semua proses pemecahan masalah dibandingkan kelas kontrol. Kemampuan pemecahan masalah terdapat beberapa indikator yakni *useful description* (penggunaan deskripsi), *physics approach* (pendekatan/pengenalan konsep), *specific application of physics* (penggunaan konsep), *mathematical procedures* (proses matematis), dan *logical progression* (urutan logika) [8].

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan rata-rata nilai kemampuan pemecahan masalah yang berbeda pada kedua kelas, yakni pada kelas yang belajar dengan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih unggul dibandingkan dengan siswa yang belajar dengan model PjBL saja. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan sintaksis pada kedua model tersebut. Sintaksis dari model PjBL-STEM adalah *identify problem and constraints*, *research*, *ideate*, *analyze idea*, *build*, *test-refine*, dan *communicate-reflect*. Untuk sintaksis model PjBL menggunakan sintaksis berupa *pre-preparation stage*, *preparation for the project stage*, *planning for the project*, *project implementation*, *post-project stage*, dan *assessment-evaluation* [10].

Secara umum, kegiatan awal pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol adalah pemberian permasalahan. Hal ini ditunjukkan pada sintaksis pertama pada kelas eksperimen yakni *identify problem and constraints* dan kelas kontrol yakni *pre-preparation stage*. Permasalahan yang diberikan pada kedua kelas tersebut adalah permasalahan kontekstual. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa adanya proses pengerjaan proyek dapat diaplikasikan dalam menyelesaikan suatu permasalahan dalam kehidupan nyata [15]. Dalam sintaksis ini siswa diberi kesempatan untuk menyampaikan gagasan terkait solusi yang dapat memecahkan permasalahan. Pada kelas eksperimen, guru juga memberikan pertanyaan mendasar yang melibatkan aspek *science* pada pendekatan STEM. Pertanyaan tersebut juga seputar permasalahan yang disajikan. Untuk penilain formatif dalam tahap ini adalah *developing classroom talk and questioning* guna mencapai indikator *useful description*. Pada tahap ini siswa diminta untuk memahami permasalahan yang diberikan dan memahami tugas apa saja yang harus dikerjakan, hal ini sesuai dengan sintaksis kedua pada kelas eksperimen yakni *preparation for the project stage*.

Solusi yang ditawarkan kemudian didiskusikan lebih lanjut melalui diskusi kelompok serta studi literatur dimana pada kelas eksperimen masuk dalam sintaksis *research* dan pada kelas kontrol sintaksisnya adalah *planning for the project*. Dalam melakukan diskusi dan studi literasi tersebut, siswa akan dibimbing dan menetapkan solusi yang paling tepat sesuai dengan permasalahan yang diberikan. Penerapan sintaksis di kelas eksperimen akan melibatkan siswa pada aspek *technology*. Teknologi dapat melatih siswa dalam berinovasi lebih baik dan meningkatkan kualitas pemahaman teknologi mereka. Untuk penilaian formatif yang dilakukan adalah *thoughtful and active learners* dimana siswa akan terlibat aktif pada kegiatan pembelajarannya guna mencapai indikator *useful description*, *physics approach*, dan *specific application of physics* [29].

Setelah solusi ditetapkan, maka tahap selanjutnya adalah merancang desain proyek. Perancangan desain proyek pada kelas eksperimen masuk dalam sintaksis *ideate*. Dalam tahap *ideate* ini siswa akan melibatkan semua aspek dari pendekatan STEM yakni *science* yang melibatkan proses penyelidikan, *technology* yang digunakan sebagai sarana teknis serta teknik dalam merealisasikan pengetahuan dalam perencanaan desain proyek, dan *mathematic* untuk menerapkan metode matematika [33], [34]. Guru juga akan memberikan beberapa alternatif terkait penggunaan alat dan bahan untuk membantu siswa dalam memenuhi indikator *useful description*, *physics approach*, dan *specific application of physics*. Kemudian pada kelas eksperimen akan dilanjutkan dengan pengujian rancangan desain proyek yakni pada sintaksis *analyze ideas* yang melibatkan aspek *science*, *technology*, dan *engineering*, *mathematics* guna mencapai indikator *useful description*, *physics approach*, *specific application of physics*, dan *mathematical procedures*. Untuk kelas kontrol tidak ada tahap pengujian rancangan desain proyek, melainkan langsung merancang desain proyek.

Selanjutnya dilakukan pembuatan proyek, yakni kelas eksperimen pada sintaksis *build* dan kelas kontrol pada sintaksis *project implementation*. Pada kelas eksperimen dilakukan asesmen formatif berupa *developing classroom talk and questioning* dimana siswa bebas bertanya selama pengerjaan proyeknya dan disini siswa akan memenuhi indikator *useful description*, *physics approach*, *specific application of physics*, dan *mathematical procedures* [22]. Proyek tersebut dilakukan di luar jam pelajaran. Setelah proyek dibuat maka dilanjutkan dengan uji dan evaluasi kekurangan pada proyek. Kekurangan tersebut nantinya akan diminimalisir dengan perancangan ulang untuk membuat proyek yang lebih baik lagi. Tahap ini hanya dilakukan pada kelas eksperimen yakni pada sintaksis *test and refine* dengan melibatkan seluruh aspek STEM untuk memenuhi indikator *useful description*, *physics approach*, *specific application of physics*, *mathematical procedures*, dan *logical progression*. Sedangkan pada kelas kontrol hanya dilihat dengan berhasilnya produk tersebut untuk dapat digunakan. Perbedaan ini juga nampak pada LKPD yang digunakan yakni pada kelas eksperimen ada pencarian data hingga penentuan rumus secara matematis sedangkan pada kelas kontrol tidak.

Setelah proyek selesai, kelas eksperimen akan melakukan pengujian terhadap proyek sesuai dengan aspek sains, teknologi, teknik, dan matematisnya yang masuk pada sintaksis *test and refine*. Sedangkan pada kelas kontrol tidak ada pengujian proyek. Semua produk baik dari kelas eksperimen dan juga kelas kontrol akan dipresentasikan di depan kelas. Pada kelas eksperimen, tahap ini masuk dalam sintaksis *communicate and reflect* dan pada tahap ini guru juga akan memberikan balikan terkait hasil presentasi serta merefleksinya sesuai dengan penilaian formatif yakni *giving appropriate feedback* untuk mencapai seluruh indikator kemampuan pemecahan masalah. Sedangkan pada kelas kontrol masuk dalam sintaksis *assessment and evaluation* [17], [22]. Pembelajaran yang dilakukan pada kedua kelas tersebut tidak jauh berbeda yakni tetap berfokus pada proyek yang dikerjakan. Jenis alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan proyek juga tidak berbeda, hanya saja dalam LKPD terdapat beberapa bagian yang berbeda. Rata-rata siswa sangat menyetujui dengan penggunaan LKPD yang disebar karena dapat lebih mudah untuk menemukan konsep dan memahami materi dengan mandiri.

Berdasarkan perbedaan sintaksis yang diberikan, diketahui bahwa dalam proses proyek kelas eksperimen akan lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Perbedaan tersebut terlihat jelas pada tahap pengujian proyek dimana pada kelas eksperimen tahap pengujian dimulai dari penentuan variabel sampai pada penemuan persamaan matematisnya, sedangkan pada kelas kontrol hanya dilihat dari bekerja atau tidaknya alat yang telah dibuat. Sehingga dapat dikatakan bahwa kekurangan dari model yang diterapkan pada kelas kontrol yakni model PjBL adalah siswa hanya mampu membuat proyek yang dapat bekerja tanpa adanya pengambilan data, analisis data, hingga penemuan persamaan matematis sehingga kemampuan pemecahan masalah siswa tidak mengalami peningkatan.

Meninjau kemampuan pemecahan masalah siswa, kelas yang diberi perlakuan menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih mampu menyelesaikan permasalahan dibandingkan dengan kelas yang diberi perlakuan menggunakan model PjBL saja. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Docktor *et al.* [8] bahwa untuk mencapai keahlian dalam pemecahan masalah, perlu adanya integrasi dengan pengetahuan konseptual. Hal ini didukung dengan adanya tahap

pengujian proyek yang membuat model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih tinggi dalam proses pemecahan masalahnya dibandingkan dengan model PjBL saja.

Perlakuan dalam penelitian ini menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif telah terlaksana dengan baik. Berdasarkan hasil lembar keterlaksanaan pembelajaran, rerata persentase pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada rerata persentase pada kelas kontrol. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa pembelajaran yang terlaksana pada kelas eksperimen berlangsung dengan baik sesuai dengan rencana pembelajaran yang telah disusun dibandingkan dengan pembelajaran yang terlaksana pada kelas kontrol. Meski begitu masih terdapat beberapa kendala dalam pelaksanaan pembelajaran yakni adanya beberapa kelompok yang proyeknya masih belum selesai sampai waktu yang telah ditentukan sehingga tidak dapat melanjutkan pada tahap pengambilan data. Hasil wawancara pada beberapa siswa juga menyatakan bahwa masih adanya keraguan dan kebingungan saat pengambilan data serta sulit menentukan variabel beserta hubungannya. Akan tetapi, PjBL dengan pengintegrasian pendekatan STEM layak digunakan khususnya untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah [8].

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif dapat mencapai hasil kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran yang menggunakan model PjBL saja. Hal ini dapat dilihat dari rata-rata hasil penelitian yang diajarkan menggunakan model PjBL-STEM disertai asesmen formatif lebih unggul dalam kemampuan pemecahan masalah dibandingkan dengan yang diajarkan menggunakan model PjBL saja. Selain itu, dapat dilihat pula dari hasil pengerjaan proyek dimana kelas eksperimen juga lebih baik daripada kelas kontrol. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa model PjBL-STEM disertai asesmen formatif berpengaruh pada kemampuan pemecahan masalah siswa kelas XI MIPA SMAN 7 Malang pada pokok bahasan elastisitas dan Hukum Hooke.

Disarankan kepada peneliti lain untuk menyusun rencana pembelajaran dengan alokasi waktu yang tepat sehingga dalam pengerjaan proyek siswa dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Selain itu, peneliti lain juga diharapkan untuk memberikan bimbingan secara intens dan kesempatan bagi semua siswa untuk menyampaikan kesulitan atau pendapatnya dalam perencanaan pengujian proyek yang menjadi kendala bagi siswa.

Daftar Rujukan

- [1] S. Sutarno, A. Setiawan, I. Kaniawati, and A. Suhandi, "Pre-Service Physics Teachers' Problem-Solving Skills in Projectile Motion Concept," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 895, p. 012105, 2017.
- [2] H. Jang, "Identifying 21st Century STEM Competencies using Workplace Data," *J. Sci. Educ. Techno.*, vol. 25, no. 2, pp. 284–301, 2016.
- [3] Organisation for Economic Co-operation and Development, *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving, and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing, 2012.
- [4] R. Azizah, L. Yuliati, and E. Latifah, "Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika pada Siswa SMA," *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, vol. 5, no. 2, pp. 44–50, 2015.
- [5] I. M. Dwi, A. Hidayat, and S. Kusairi, "Pengaruh Strategi Problem Based Learning Berbasis ICT terhadap Pemahaman Konsep dan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika," *J. Pendidik. Fis. Indo.*, vol. 9, no. 5, pp. 8–17, 2013.
- [6] M. A. Hertavi, H. Langlang, and S. Khanafiyah, "Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw untuk Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP," *J. Pendidik. Fis. Indo.*, vol. 6, no. 1, pp. 53–57, 2010.
- [7] S. Aji, M. N. Hudha, and A. Rismawati, "Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika," *SEJ (Sci. Educ. J.)*, vol. 1, no. 1, pp. 36–51, 2017.

- [8] J. L. Docktor *et al.*, "Assessing Student Written Problem Solution: A Problem-Solving Rubric with Application to Introductory Physics," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 12, no. 30, pp. 1–18, 2016.
- [9] 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. Inform. Educ. Technol.*, vol. 6, no. 9, pp. 709–714, 2016.
- [10] R. M. Capraro and M. S. Corlu, "Changing Views on Assessment for STEM Project-Based Learning," in *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: Sense Publishers, pp. 109–118, 2013.
- [11] J. Afriana, A. Permanasari, and A. Fitriani, "Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender," *J. Pendidik. IPA Indo.*, vol. 5, no. 2, pp. 261–267, 2016.
- [12] V. Karjiyati and N. Agusdianita, "Pengembangan Model Project Based Learning dalam Pembelajaran Tematik Menggunakan Pendekatan Saintifik untuk Mengembangkan Sikap Peduli Lingkungan dan Kreativitas Bagi Siswa SD," *J. Ilmiah Pendidik. Guru Sekolah Dasar*, vol. 10, no. 2, pp. 121–127, 2017.
- [13] G. Sarican and D. Akgunduz, "The Impact of Integrated STEM Education on Academic Achievement, Reflective Thinking Skills towards Problem Solving and Permanence in Learning in Science Education," *Cypriot J. Educ. Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 94–107, 2018.
- [14] S. J. Lou, R. C. Shih, R. Diez, and K. H. Tseng, "The Impact of Problem Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes: An Exploratory Study Among Female Taiwanese Senior High School Students," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 21, no. 2, pp. 195–215, 2011.
- [15] Tim Penyusun Silabus Fisika SMA, *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/ MA) Mata Pelajaran Fisika*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.
- [16] T. T. Craig and J. Marshall, "Effect of Project-Based Learning on High School Students' State-Mandated, Standardized Math and Science Exam Performance," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 56, no. 10, pp. 1461–1488, 2019.
- [17] R. M. Capraro and M. M. Capraro, "Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers for the Age of Innovation," *Eğitim ve Bilim*, vol. 39, no. 171, pp. 74–85, 2014.
- [18] X. Gao, P. Li, J. Shen, and H. Sun, "Reviewing Assessment of Student Learning in Interdisciplinary STEM Education," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, 2020.
- [19] J. O. Torres, "Positive Impact of Utilizing More Formative Assessment Over Summative Assessment in the EFL/ESL Classroom," *Open J. Modern Linguistics*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [20] S. Kusairi, *Asesmen Pembelajaran Sains*. Malang: Universitas Negeri Malang, 2013.
- [21] S. Huang, "Understanding Learners' Self-Assessment and Self-Feedback on Their Foreign Language Speaking Performance," *Assess. Eval. Higher Educ.*, vol. 41, no. 6, pp. 803–820, 2016.
- [22] B. Tolgfors, "Transformative Assessment in Physical Education," *Europ. Phys. Educ. Rev.*, vol. 25, no. 4, pp. 1211–1225, 2019.
- [23] F. M. Kleij, "Comparison of Teacher and Student Perceptions of Formative Assessment Feedback Practices and Association with Individual Student Characteristics," *Teach. Teach. Educ.*, vol. 85, pp. 175–189, 2019.
- [24] D. H. Schunk and M. K. DiBenedetto, "Motivation and Social Cognitive Theory," *Contemporary Educational Psychology*, vol. 60, p. 101832, 2020.
- [25] X. Wei *et al.*, "Effect of The Flipped Classroom on the Mathematics Performance of Middle School Students," *Educ. Tech. Res. Dev.*, vol. 68, pp. 1461–1484, 2020.
- [26] T. Tati and H. R. Firman, "The Effect of STEM Learning Through the Project of Designing Boat Model toward Student STEM Literacy," in *Int. Conf. Math. Sci. Educ (ICMScE)*, vol. 895, no. 1, 2017, pp. 1–8.

- [27] K. H. Tseng, C. C. Chang, S. J. Lou, and W. P. Chen, "Attitudes towards Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in A Project-Based Learning (PjBL) Environment," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 23, no. 1, pp. 87–102, 2013.
- [28] N. Erdogan, B. Navruz, R. Younes, and R. M. Capraro, "Viewing How STEM Project-Based Learning Influence Students' Science Achivementn through the Implamantation Lens: A Latent Growth Modeling," *Eurasia J. Math., Sci. Technol. Educ.*, vol. 12, no. 8, pp. 2139–2154, 2016.
- [29] S. J. Lou, Y. C. Chou, R. C. Shih, and C. C. Chung, "A Study of Creativity in CaC2 Steamship-Derived STEM Project-Based Learning," *Eurasia J. Math., Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 6, pp. 2387–2404, 2017.
- [30] K. D. Kristiani, T. Mayasari, and E. Kurniadi, "Pengaruh Pembelajaran STEM-PjBL terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif," *Pros. Sem. Nas. Pendidik. Fis. III*, 2017, pp. 266–274.
- [31] A. Madsen, S. B. McKagan, E. C. Sayre, and C. A. Paul, "Resource Letter RBAI-2: Research-Based Assessment Instruments: Beyond Physics Topics," *American J. Phys.*, vol. 87, no. 5, pp. 350–369, 2019.
- [32] M. E. Arce, J. L. M. Tabares, E. Granada, C. Miguez, and A. Cacabelos, "Project Based Learning: Application to A Research Master Subject of Thermal Engineering," *J. Technol. Sci. Educ.*, vol. 3, no. 3, pp. 132–138, 2013.
- [33] E. M. Reeve, *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2013.
- [34] M. Duran and I. Dökme, "The Effect of the Inquiry-Based Learning Approach on Student's Critical-Thinking Skills," *Eurasia J. Math., Sci. Technol. Educ.*, vol. 12, no. 12, pp. 2887–2908, 2016.