

STEM-Problem Based Learning: Pembelajaran Inovatif untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa di Era Industri 4.0

Suyidno^{1*}, Fitriani¹, S Miriam¹, S Mahtari¹, dan J Siswanto²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Brigjend H. Hasan Basry Banjarmasin

²Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Semarang, Jl. Lontar No. 1 Semarang

²E-mail: suyidno_pfis@ulm.ac.id

Received: 08 Maret 2022. Accepted: 01 Juli 2022. Published: 30 September 2022

Abstrak. Di era industri 4.0; literasi *STEM* berperan penting dalam inovasi sains dan produk teknologi, namun literasi tersebut kurang dilatih di sekolah. Oleh karena itu, artikel ini akan menganalisis kelayakan *STEM-Problem Based Learning (STEM-PBL)* dalam meningkatkan literasi sains siswa. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE* dan uji coba pada 23 siswa kelas X SMA di Banjarmasin. Pengumpulan data menggunakan instrumen pengamatan keterlaksanaan pembelajaran, angket respons siswa, dan tes literasi sains. Hasil penelitian menunjukkan siswa mampu beraktivitas *STEM-PBL* pada setiap pertemuan dengan baik dan memberikan respons positif terhadap aktivitas tersebut. Selain itu, peningkatan literasi sains siswa dalam kriteria tinggi (26%) dan sedang (61%). Meskipun ada 13% siswa dalam kriteria rendah, namun secara keseluruhan mengalami peningkatan literasi sainsnya. Demikian, *STEM-PBL* termasuk layak digunakan untuk memaksimalkan literasi sains siswa di era industri 4.0.

Kata kunci: Literasi sains, problem based learning, STEM.

Abstract. In the industrial era 4.0; *STEM* literacy plays an important role in the innovation of science and technology products, but this literacy is not trained in schools. Therefore, this article will analyze the feasibility of *STEM-Problem-Based Learning (STEM-PBL)* in improving students' scientific literacy. This study uses the *ADDIE* development model and trials were conducted on 23 students of class X SMA in Banjarmasin. Collecting data using the instrument of observing the learning implementation, response questionnaires, and scientific literacy tests. The results showed that students were able to carry out *STEM-PBL* activities well at each meeting and gave a positive response to these activities. In addition, the increase in scientific literacy in most students is in the high (26%) and moderate (61%). Although 13% of students in the low criteria, overall have experienced an increase in scientific literacy. So, *STEM-PBL* is feasible to improve students' scientific literacy in the industrial era 4.0.

Keywords: problem-based learning, scientific literacy, STEM.

1. Pendahuluan

Di era industri 4.0; inovasi sains dan produk teknologi berkembang sangat pesat di berbagai bidang kehidupan manusia [1,2,3]. Kehidupan manusia telah diwarnai serba digital dan terkoneksi dengan kecanggihan teknologi [4,5]. Tanpa terkecuali, siap atau tidak siap, semua dimensi kehidupan manusia bersentuhan dengan teknologi dan terpapar pengaruhnya baik yang bersifat konstruktif maupun destruktif [6,7,8]. Dalam situasi ini, negara-negara di dunia, baik negara maju maupun berkembang (termasuk negara Indonesia) merasakan kecemasan dalam menghadapi berbagai permasalahan yang semakin kompleks dan beragam. Di bidang pendidikan; pemerintah Indonesia mengeluarkan berbagai kebijakan strategis untuk menghadapi peluang dan tantangan di era industri 4.0; diantaranya Gerakan Literasi Nasional (GSN). GSN

dilaksanakan secara terstruktur, sistematis, dan masif kepada seluruh masyarakat Indonesia [9]; diantaranya adalah gerakan literasi sains, numerasi (matematika), maupun digital (teknologi, enjiniring).

Pengembangan literasi sains termasuk tujuan utama pembelajaran fisika [10]. Dengan berliterasi sains; siswa dapat menganalisis isu-isu sains terkini; merencanakan dan melaksanakan inkuiri ilmiah serta evaluasinya; menghubungkan sains, matematika, dan teknologi dalam menyelesaikan masalah, memilih dan memilah informasi ilmiah yang mendukung kesuksesan hidup dan berkarirnya di masyarakat [12,13,14,15,16]. Dalam menghadapi isu-isu sains; siswa bukan hanya disiapkan sebagai konsumen, namun juga sebagai pelaku utama dalam berinovasi sains dan mencipta produk teknologi yang bermanfaat [17]. Dengan demikian; pengembangan literasi sains menunjang kesuksesan mereka dalam kehidupan dan berkarir di masa depan.

Kenyataannya; hasil studi PISA tahun 2018 menunjukkan peringkat literasi siswa Indonesia masih menempati peringkat ke 70 dari 78 partisipan [18]. Seperti hasil studi PISA sebelumnya; kualitas literasi sains siswa di Indonesia selalu lebih rendah dibandingkan negara peserta PISA lainnya. Begitu juga dengan hasil tes PISA-IPA pada siswa calon guru IPA Universitas Sriwijaya diketahui 46,6% siswa hanya mampu menyelesaikan soal-soal pada level rendah. Siswa kesulitan memahami fakta dengan baik dan menghubungkannya dengan konsep yang mendasari fakta tersebut [19]. Dalam mempelajari literasi sains pada materi listrik; 57,8% siswa mengalami miskonsepsi dan 18,8 siswa tidak memahami konsep sains [20]. Konsisten dengan hasil studi awal Peneliti melalui tes online (*google form*) pada siswa kelas X SMAN di Banjarmasin. Ternyata, siswa masih kesulitan dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah (50%), merancang dan mengevaluasi inkuiri ilmiah (64%), serta menafsirkan data dan memberikan bukti ilmiah (76%). Untuk menggali penyebab rendahnya literasi sains siswa; peneliti melakukan wawancara kepada guru fisika di sekolah tersebut dan diperoleh informasi bahwa pembelajaran fisika selama pandemi covid-19 adalah berpusat pada guru. Guru menyajikan materi dan latihan-latihan soal melalui aplikasi *Smartclass*, *video youtube*, maupun grup *WhatsApp*. Siswa seringkali diminta menyimak dan mengerjakan, serta mengumpulkan pekerjaannya dalam waktu yang ditentukan. Soal-soal yang diberikan tidak relevan dengan kehidupan sehari-hari [1]. Dengan alasan protokol kesehatan dan keterbatasan sarana prasarana; siswa tidak dilibatkan dalam inkuiri ilmiah, apalagi rekayasa produk teknologi [5,20].

Guru sains merupakan ujung tombak bagi pengembangan literasi sains siswa di sekolah [10,21]. Bagi guru kreatif; kondisi covid-19 seharusnya bukanlah menjadi hambatan, namun bisa menjadi peluang dan tantangan untuk bisa mengajar secara kreatif. Guru bisa mengembangkan bahan ajar inovatif untuk menggerakkan literasi sains siswa dengan tetap mengikuti protokol kesehatan. Sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya [16,22,23,24,25]; guru dapat mendesain bahan ajar fisika dengan *STEM-Problem Based Learning (STEM-PBL)* sebagai alternatif untuk membekali literasi sains siswa. *STEM-PBL* diorganisasikan pada masalah kehidupan sekitar dan siswa dilibatkan dalam proses berpikir *STEM* untuk mencipta variasi rumusan masalah, mendesain prosedur pemecahan masalah, melaksanakan prosedur untuk menemukan solusi masalah, kemudian menyajikan hasil karya dan memamerkannya [26,27]. Sejalan dengan ciri-ciri *PBL* [26]; *STEM-PBL* melibatkan masalah autentik, kompleks, dan bermakna; berbagai disiplin ilmu (seperti *STEM*), inkuiri ilmiah, kerja kolaborasi; menghasilkan karya dan memamerkannya. Melalui *STEM-PBL*; siswa dapat mengkaji isu-isu sains terkini, merencanakan dan melaksanakan inkuiri ilmiah, dan beraktivitas *STEM* untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata [16,23,25]. Dengan demikian; tujuan penelitian ini adalah menganalisis kelayakan *STEM-PBL* dalam meningkatkan kemampuan literasi sains siswa. Kelayakan tersebut ditinjau dari aktivitas *STEM-PBL*, respons siswa, dan peningkatan literasi sains. Dengan tercapainya tujuan penelitian ini; siswa diharapkan bisa menjadi generasi yang sukses dalam kehidupan dan berkarirnya di era industri 4.0.

2. Metode

Desain penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE* [25], yaitu tahap *Analysis, Design, Develop, Implementation, and Evaluation*. Penelitian ini diawali dengan analisis (kurikulum, siswa,

materi), membuat desain (spesifikasi bahan ajar), mengembangkan bahan ajar *STEM-PBL* pada materi energi terbarukan, kemudian dilakukan uji validasi kepada tiga pakar dan praktisi pembelajaran fisika. Hasil validasi diperoleh nilai validitas dan reliabilitas: RPP (3,33; 0,68); materi ajar (3,28; 0,77); LKS (3,27; 0,75), dan LP (2,92; 0,77). Dengan interval nilai validitas (0 s/d 4) dan reliabilitas (0 s/d 1); dapat dikatakan bahwa bahan ajar tersebut termasuk valid dan reliabel sebagai perangkat penelitian.

Bahan ajar *STEM-PBL* diimplementasikan pada 23 siswa kelas X SMA di Banjarmasin. Uji implementasi ini menggunakan *one group pre-test and posttest design (O₁ X O₂)*. Penelitian diawali dengan *pre-test (O₁)*; terdiri dari 9 butir soal untuk mengukur capaian literasi sains. Selanjutnya proses pembelajaran (*X*) di kelas; guru menerapkan bahan ajar *STEM-PBL* pada materi energi terbarukan selama 6 pertemuan. Pelajaran diawali dengan orientasi siswa pada masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan mandiri dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah [26,27]. Pada pertemuan 1-5; proses berpikir *STEM* memanfaatkan big data di internet, sementara pertemuan 5-6, siswa mendesain enjiniring dengan caranya sendiri. Selama pembelajaran berlangsung, 2 pengamat bertugas mengamati aktivitas *STEM-PBL* dengan mengisi instrumen keterlaksanaan pembelajaran. Pada akhirnya; siswa diminta mengerjakan *post-test (O₂)* literasi sains, dimana butir soal *post-test* sama dengan *pre-test*. Selain itu, siswa diminta mengisi angket respon berisikan manfaat, efisiensi, kemudahan, dan penguasaan literasi sains mereka setelah diterapkan *STEM-PBL*.

Data aktivitas *STEM-PBL* dan respon siswa dianalisis secara deskriptif kualitatif. Perhitungan nilainya adalah jumlah skor yang diperoleh dibagi skor maksimum dikalikan 100. Perolehan nilai tersebut disesuaikan dengan kriteria: $0 < \text{tidak baik} \leq 40$; $40 < \text{kurang baik} \leq 55$, $55 < \text{cukup baik} \leq 65$, $65 < \text{baik} \leq 80$; dan $80 < \text{sangat baik} \leq 100$ [28]. Selain itu, data *pre-test* dan *post-test* literasi sains akan dianalisis menggunakan persamaan *n-gain*, kemudian disesuaikan dengan kriteria: skor $0 < \text{rendah} < 0,3$; $0,3 \leq \text{sedang} \leq 0,7$, dan $0,7 < \text{tinggi} \leq 1,0$ [29].

3. Hasil dan Pembahasan

Desain *STEM-PBL* diorientasikan pada masalah lingkungan sekitar, kemudian siswa dilibatkan dalam proses berpikir *STEM* dalam merencanakan dan melaksanakan solusi masalah [27]. Aktivitas *STEM-PBL* siswa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas *STEM-PBL* siswa

Fase STEM-PBL	Aktivitas pada Pertemuan Ke ...											
	1		2		3		4		5		6	
	Nilai	Ket	Nilai	Ket	Nilai	Ket	Nilai	Ket	Nilai	Ket	Nilai	Ket
1. Orientasikan siswa pada masalah	92,0	SB	94,7	SB	94,7	SB	97,3	SB	97,3	SB	97,3	SB
2. Organisasi siswa untuk belajar	93,3	SB			97,8	SB	95,3	SB	96,7	SB		
3. Penyelidikan mandiri maupun berkelompok	93,3	SB			100,0	SB	100,0	SB	100,0	SB	100,0	SB
4. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya			100,0	SB			86,7	SB	100,0	SB	100,0	SB

5. Analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah	96,7	SB	90,0	SB	96,7	SB	97,8	SB	93,3	SB	96,7	SB
Reliabilitas	0,7	T	0,7	T	0,6	T	0,66	T	0,62	T	0,75	T

Keterangan: SB = Sangat Baik, T = Tinggi

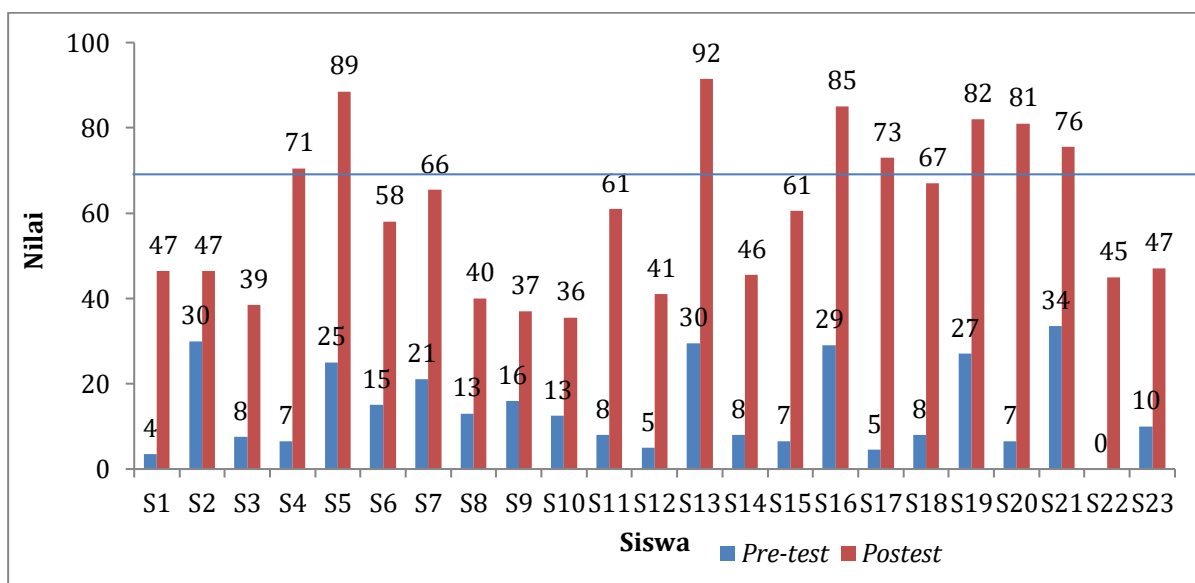
Berdasarkan Tabel 1; guru mampu memfasilitasi setiap aktivitas *STEM-PBL* siswa dengan baik. Pada Fase 1; guru menyiapkan fisik dan psikis siswa [27]; siswa dilibatkan dalam salam pembuka, berdoa, apersepsi, menyimak motivasi berupa beberapa video *STEM* (Pertemuan 1-2: Desa Tanpa Listrik, Pertemuan 3-4: Gerak Kincir Air PLTA Kintap, Pertemuan 5-6: Potensi Energi Terbarukan). Video sebagai media audio visual dapat dimanfaatkan guru untuk memotivasi siswa, karena dapat dilihat dan didengar sehingga menarik siswa dalam pembelajaran [30]. Penggunaan video dapat menimbulkan minat dan motivasi siswa selama penggunaannya tepat dan sesuai dengan topik yang disampaikan [31]. Setelah disajikan video, siswa didorong mengajukan beberapa pertanyaan ilmiah. Pembelajaran pada awalnya terkendala kurangnya manajemen waktu (ada perubahan alokasi waktu awalnya 20 menit menjadi 15 menit), penjelasan dan penyampaian materi pada kegiatan pendahuluan terlalu lama; selanjutnya dilakukan perbaikan sehingga tidak lagi ditemukan kendala yang berarti. Pada Fase 2; melalui tanya jawab, guru mengecek penguasaan materi siswa. Metode ini memudahkan guru dalam melakukan umpan balik, terutama mengecek penguasaan materi siswa dan melibatkan peran aktif siswa dalam pembelajaran [19,32]. Selanjutnya, siswa mengambil LKS dan memecahkan masalah dengan mengkaji berbagai sumber literasi yang tersedia [25,33]. Guru membimbing siswa mencari jawaban atas pertanyaan yang dipilihnya melalui penggalian informasi dari berbagai sumber. Guru pada pertemuan 1-2 mengalami kendala kurangnya manajemen waktu dan dapat diperbaiki sehingga pada pertemuan selanjutnya adalah tidak ada kendala yang berarti.

Pada Fase 3; guru membimbing siswa untuk berdiskusi menjawab pertanyaan di LKS. Siswa menuliskan beberapa pertanyaan ilmiah sesuai dengan fenomena energi yang disajikan, memilih salah satu pertanyaan, mencari dan menuliskan konsep untuk menjawab pertanyaan yang dipilih. Dalam kegiatan ini, guru mengkonfirmasi keabsahan informasi yang diperoleh, kemudian menghubungkan konsep dengan masalah yang dipilih dan menarik kesimpulan. Pada pertemuan 6; guru membimbing diskusi kelompok untuk membuat desain pembangkit tenaga listrik. Siswa mengumpulkan data hingga benar-benar memahami situasi masalah agar mereka mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, mengajukan pertanyaan agar dapat memikirkan masalah dan menemukan solusinya. Dalam hal ini; guru mengondisikan lingkungan belajar yang kondusif, demokratis, terbuka, dan mendorong inkuiri apabila diperlukan [7]. Beberapa siswa pada awalnya kesulitan menuliskan pertanyaan ilmiah pada fenomena energi yang disajikan, apalagi mencari dan menuliskan konsep untuk menjawab pertanyaan, dan menghubungkan konsep dengan masalah yang dipilihnya. Oleh karena itu; guru berusaha memberikan perhatian lebih sehingga pada akhirnya kendala tersebut dapat diatasi. Pada Fase 4, siswa membuat laporan dan mempresentasikan hasil kinerjanya di depan kelas, dan mendiskusikan materi yang belum dipahami [12,25]. Pada awalnya; manajemen waktu kurang baik sehingga guru tergesa-gesa dalam membimbing presentasi dan diskusi. Siswa kurang percaya diri sehingga terpaksa presentasi hanya ketika ditunjuk oleh guru. Pada akhirnya; guru mampu memperbaiki manajemen waktu sesuai alokasi waktu yang ditetapkan. Siswa semakin percaya diri dan berani presentasi di depan kelas tanpa ditunjuk oleh guru. Dalam hal ini, *STEM-PBL* diyakini mampu membangun kepercayaan diri siswa dalam belajar fisika [23,34]. Pada akhirnya Fase 5; siswa berpartisipasi dalam evaluasi dan refleksi, serta mengerjakan tes literasi sains pada materi ajar secara mandiri. Evaluasi refleksi mampu mendorong keberhasilan proses dan tujuan pembelajaran siswa di kelas [25,34]. Keberhasilan guru dalam membimbing aktivitas *STEM-PBL* didukung respons positif siswa seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Respons siswa terhadap *STEM-PBL*

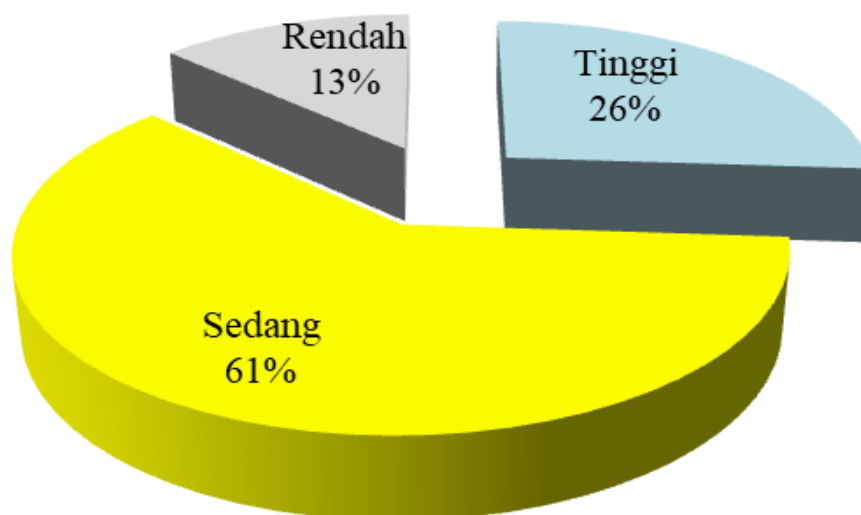
No.	Aspek Respons	Hasil Respons		Reliabilitas	
		Nilai	Kriteria	α	Kriteria
1	Manfaat	72,25	Baik	0,76	Tinggi
2	Efisiensi	73,00	Baik		
3	Kemudahan	72,75	Baik		
4	Literasi sains	72,75	Baik		

Pada aspek manfaat (Tabel 2); aktivitas *STEM-PBL* membantu siswa belajar fisika, meningkatkan motivasi siswa dalam belajar dan berpikir *STEM*, menumbuhkan rasa ingin tahu untuk mencari informasi di internet, dan menghubungkan materi ajar dengan kehidupan sekitar. Apalagi, materi ajar didesain dalam bentuk modul sehingga mampu meningkatkan kemandirian siswa dalam belajar fisika [35,36]. Aspek efisiensi; bahan ajar *STEM-PBL* yang dikembangkan dapat menghemat waktu dan tenaga sehingga pembelajaran berjalan lebih efektif sesuai alokasi waktu, konsep-konsep fisika dalam materi ajar mudah untuk dipahami siswa. Bahan ajar tersebut membantu siswa berinteraksi dan berperan aktif dalam pembelajaran fisika [34]. Selain itu, untuk mengatasi keterbatasan waktu pembelajaran tatap muka akibat pandemi covid-19; siswa diberikan kesempatan mengerjakan LKS di rumah atau di luar jam pembelajaran. Meskipun begitu, LKS dapat diselesaikan tepat waktu. *STEM-PBL* membuat siswa membangun sendiri pengetahuannya dengan memberikan masalah sehari-hari yang membuat siswa lebih berpikir secara mendalam dan belajar lebih bermakna [34,37]. Aspek kemudahan; desain bahan ajar terutama modul materi dan LKS telah sesuai dengan tata bahasa, kata, kalimat, paragraf, jenis dan ukuran huruf yang digunakan agar siswa tidak kesulitan dalam membaca dan memahami materi. Karakteristik materi ajar juga memperhatikan tingkat keterbacaan materi ajar, baik warna, pemilihan jenis huruf, ukuran huruf, dan tata letak tulisan. Aspek literasi sains, penerapan *STEM-PBL* mampu meningkatkan literasi sains siswa dengan baik. Selain itu, siswa merasa berminat dan termotivasi untuk bekerja di bidang *STEM* di masa depan. Belajar sains dan teknologi berdampak positif terhadap kehidupan siswa di masa depan [16,18,37]. Selain itu, pengembangan literasi sains melalui aktivitas *STEM-PBL* menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan mudah dipahami [24,37]. Temuan tersebut diperkuat hasil analisis kemampuan literasi siswa pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Kemampuan literasi sains siswa sebelum dan setelah diterapkan STEM-PBL

Berdasarkan Gambar 1; hasil *pre-test* menunjukkan kemampuan literasi sains awal siswa pada awalnya masih rendah dan tidak ada siswa yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM = 70). Setelah diterapkan *STEM-PBL*; meskipun hasil *post-test* menunjukkan 65% siswa masih berada di bawah KKM. Namun, keseluruhan siswa mengalami peningkatan literasi sainsnya dari sebelumnya. Peningkatan tersebut secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Persentase peningkatan literasi sains siswa

Setelah diterapkan *STEM-PBL* (Gambar 2); sebagian besar siswa mengalami peningkatan literasi sains dalam kriteria sedang (61%) dan tinggi (26%), sementara 13% siswa dalam kriteria rendah. Sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [1,5,20]; beberapa siswa kesulitan mengidentifikasi besaran-besaran fisika pada turbin yang bergerak; tidak fokus membaca wacana yang diberikan sehingga mereka hanya menyebutkan potensi energi di desa dan tanpa menganalisis kalimat dalam wacana tersebut; kesulitan mendesain pembangkit listrik berdasarkan data fisik yang disajikan meskipun hal tersebut sudah dijelaskan dalam materi ajar, kesulitan menjelaskan prinsip kerjanya jika sumber energi dijadikan sebagai pembangkit listrik padahal soal tersebut sudah dilatihkan di LKS. Kesulitan tersebut muncul dikarenakan pembelajaran di masa pandemi covid-19 dilaksanakan secara daring. Siswa mengerjakan tugas dan LKS di rumahnya masing-masing. Akibatnya; guru kesulitan mengontrol keaktifan seluruh siswa dan melakukan umpan pada seluruh siswa untuk mengetahui prinsip kerja dari sumber energi yang dijadikan sebagai pembangkit listrik.

Namun demikian; Gambar 1 memperlihatkan seluruh siswa telah mengalami peningkatan literasi sains pada sebelum dan sesudah diterapkannya *STEM-PBL*. Berarti; penerapan *STEM-PBL* diyakini mampu meningkatkan kemampuan literasi sains siswa. *STEM-PBL* memuat permasalahan energi terbarukan yang relevan dengan lingkungan sekitar siswa sehingga mereka mengalami pembelajaran nyata dan bermakna sehingga berpengaruh terhadap hasil belajar dalam hal ini literasi sains peserta didik [24,37]. Siswa mampu menghubungkan pengetahuan sains dengan aplikasinya dalam teknologi dan rekayasa untuk mengatasi permasalahan kehidupan nyata [25,34].

4. Simpulan

Di era industri 4.0; *STEM-PBL* bisa sebagai alternatif pembelajaran inovatif untuk memaksimalkan literasi sains siswa. Melalui pembelajaran ini; siswa mampu beraktivitas *STEM-PBL* pada setiap pertemuan dengan baik. Selain itu, siswa merasakan manfaat, efisiensi, kemudahan, dan penguasaan literasi sains setelah mengikuti aktivitas tersebut. Meskipun ada 13% siswa yang peningkatan literasi sainsnya dalam kriteria rendah, namun keseluruhannya mengalami peningkatan. Penelitian selanjutnya

diperlukan untuk uji implementasi *STEM-PBL* pada skala luas dan di berbagai jenjang pendidikan. Kegiatan enjiniring baru sebatas desain produk kreatif, maka perlu diarahkan pada variasi enjiniring lainnya, misalnya membuat miniatur, alat peraga, atau teknologi sederhana.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin Z, Sukarmin S and Sarwanto S 2022 *Proc.ICETECH* p 47
- [2] Kristanto E, Hidayat O S and Lestari I 2022 *Inter. J. Multi. & Multireg. Underst.* **9** p 453
- [3] Nana N and Surahman E 2019 *Prosiding SNFA* **4** p 82
- [4] França R P, Monteiro A C B, Arthur R and Iano Y 2022 *Cognitive Systems and Signal Processing in Image Processing* p 101
- [5] Kurniati T and Wiyani N A 2022 *J. Ilmiah Pend. & Pemb* **6** p 182
- [6] Farich R and Kustono D 2022 *J. Pend. Teknik Elektro* **7** p 26
- [7] Fuchs T T and Tan Y S M 2022 *Canadian J. Sci., Math. & Tech. Educ.* p 1
- [8] Rohmah H N, Suherman A and Utami I S 2021 *J. Penelitian Pemb. Fis.* **12** p 117
- [9] Santika I G N 2021 *J. Educ. & Develop.* **9** p 369
- [10] Suwono H, Maulidia L, Saefi M, Kusairi S and Yuenyong C 2022 *Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Educ.* **18** p 2068.
- [11] Effendi D N, Anggraini W, Jatmiko A, Rahmayanti H, Ichsan I Z and Rahman M M 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1796** p 012096
- [12] Fadhilah N, Nurdiyanti N, Anisa A and Wajdi M 2022 *J. IPA & Pemb. IPA* **6** p 1
- [13] Gunawan D W, Suwandi T and Wulan A R 2021 *Indonesian J. Bio. Educ.* **4** p 65
- [14] Sahertian D P and Hidayati S N 2022 *Pensa: E-J. Pend. Sains* **10** p 1
- [15] Saraswati Y, Indana S and Sudibyoy E 2021 *Inter. J. Recent Educ. Res.* **2** p 329
- [16] Tanjung M R, Asrizal A and Usmeldi U 2022 *J. Penelitian Pemb. Fis.* **8** p 62
- [17] Samudra B H 2021 *J. Educ. Psy. & Counseling* **3** p 30
- [18] Agung I D G, Suardana I N and Rapi N K 2022 *J. Ilmiah Pend. & Pemb.* **6** p 120
- [19] Hartono H, Putri R I I, Inderawati R and Ariska M 2022 *J. Penelitian Pend. IPA* **8** 1 p 79
- [20] Hidaayatullaah H N 2022 *ICMR 2021* p 111
- [21] Sobri M, Tahir M, Novitasari S, Anar A P and Nurmawanti I 2022 *J. Riset Tek. dan Inov. Pend.* **5** p 9
- [22] Azyyati A and Sulisworo D 2022 *J. Ilmiah Pend. Fis.* **6** p 15
- [23] Fadhilah 2022
- [24] Huang X, Erduran S, Zhang P, Luo K and Li C 2022 *J. Educ. for Teac.* p 1
- [25] Sari W R, Putri A N and Muaratih E 2022 *Student Online J. UMRAH-Keguruan dan Ilmu Pend.* **3** p 609
- [26] Arends R I 2012 *Learning to teach* (New York: Mc. Graw-Hill)
- [27] Suyidno, Mahtari S and Siswanto J 2021 *Autonomy based STEM learning* (Banjarmasin: Jurusan PMIPA FKIP Universitas Lambung Mangkurat)
- [28] Suyidno, Haryandi S and Sunarti T 2021 *Pembelajaran kreatif berbasis otonomi* (Banjarmasin: ULM Press)
- [29] Hake R R 1998 *American J of Phys.* **66** p 64
- [30] Zahwa F A and Syafi'i I 2022 *Equilibrium: J. Penelitian Pend. & Eko.* **19** p 61
- [31] Wan Ahmad W F and Ahmad Harnaini A F 2022 *J. Inform. Tech. Management* **14** p 124
- [32] Ranoptri D, Mustaji M and Bachri B S 2022 *Prisma Sains: J. Pengkajian Ilmu & Pemb. Mat. & IPA IKIP Mataram* **10** p 316
- [33] Umamah C and Andi H J 2020 *J Penelitian Pemb. Fis* **11** p 83
- [34] Sumarni W, Rumpaka D S, Wardani S and Sumarti S S 2022 *J. Innov. in Educ. & Cultural Res.* **3** p 70

- [35] Munzil M, Affriyenni Y, Mualifah S, Fardhani I, Fitriyah I J and Muntholib M 2022 *J. Pend. Sains Indonesia* **10** p 37
- [36] Sidik F D M and Kartika I 2020 **J. Penelitian Pemb. Fis.** **11** p 185
- [37] Ntuli E and Ray B B 2022 *Inter. J. Teac. Educ. & Prof. Develop.* **5** p 1