

Pengembangan *E-Worksheet* Berbasis *Problem Based Learning* pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains

Prendi Niki Halhaji^{1*}, Suhartini²

¹ Program Studi S-1 Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

² Program Studi S-2 Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*Email: pnhalhaji@unib.ac.id

Info Artikel	Abstrak
Diterima: 02 November 2024 Direvisi: 04 November 2024 Diterima untuk diterbitkan: 30 November 2024	<p><i>E-worksheet</i> merupakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis elektronik yang disajikan dalam bentuk <i>website</i>. <i>E-worksheet</i> disusun berbasis pada kegiatan model pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> yang memuat materi pencemaran lingkungan yang bertujuan untuk meningkatkan literasi sains peserta didik SMA kelas X. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan <i>e-worksheet</i> berbasis <i>problem based learning</i> dan mengetahui kelayakannya untuk digunakan pada pembelajaran biologi untuk peserta didik kelas X SMA serta keefektifannya meningkatkan literasi sains peserta didik kelas X SMA pada materi pencemaran lingkungan. Penelitian dan pengembangan ini menggunakan model ADDIE, yang terdiri dari tahapan <i>analysis, design, development, implementation, dan evaluation</i>. Subjek uji lapangan terdiri dari 27 peserta didik kelas eksperimen dan 27 peserta didik untuk kelas kontrol di kelas X SMA Negeri 2 Bengkulu Selatan. Wawancara, angket, dan tes literasi sains adalah beberapa alat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Metode validitas menggunakan metode uji kriteria yang direferensikan (CRT). Analisis data menggunakan skor <i>n-gain</i> dan uji <i>Mann Whitney</i>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>e-worksheet</i> ini layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran biologi siswa di kelas X SMA. Mereka menunjukkan skor <i>n-gain</i> yang efektif untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang sains, dengan skor kelas eksperimen sebesar 0,88 dengan kategori tinggi.</p>
Keywords: <i>E-worksheet, problem based learning, literasi sains.</i>	

© 2024 Prendi Niki Halhaji. This is an open-access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

PENDAHULUAN

Bangsa yang memiliki budaya literasi yang tinggi merupakan indikator bahwa masyarakatnya mampu berpikir secara kritis, komunikatif, kreatif, kolaboratif, dan mampu menghadapi kompetisi global secara optimal (Kemendikbud, 2017). Kemudian, negara ini harus



mampu untuk mengembangkan literasi warga Indonesia dalam bidang pendidikan secara optimal. Pada tahun 2015, *World Economic Forum* mengungkapkan bahwa literasi sains merupakan satu diantara dari beberapa literasi yang sebaiknya dimiliki oleh masyarakat (Kemendikbud, 2017). OECD (2016) menyatakan bahwa literasi sains merupakan kemampuan yang berkaitan dengan gagasan-gagasan sains dan isu-isu sains sebagai masyarakat yang reflektif yang fokus pada kemampuan individu dalam merancang dan mengevaluasi proses penyelidikan secara ilmiah, menjelaskan fenomena alam secara saintifik, dan membuat penafsiran terkait data serta bukti secara saintifik. Menurut OECD (2019) menyatakan bahwa terdapat tiga dasar utama literasi sains yang meliputi : (1) menjelaskan secara saintifik fenomena atau masalah sains; (2) merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah; dan (3) menafsirkan data dan bukti secara ilmiah.

Menurut evaluasi *Programme for International Student Assessment* (PISA) oleh OECD, rata-rata literasi sains dari semua negara yang dievaluasi adalah sebesar 486. Namun, Indonesia menerima skor rata-rata sebesar 396, menempatkannya di posisi ke-69 dari 79 negara yang dievaluasi (OECD, 2019). Data ini memberikan gambaran bahwa literasi sains di negara Indonesia belum mencapai rerata literasi sains yang dicapai oleh keseluruhan negara. Berdasarkan studi pendahuluan pada penelitian ini terkait literasi sains yang dimiliki oleh peserta didik di SMA Negeri 2 Bengkulu Selatan diperoleh capaian bahwa literasi sains pada peserta didik tersebut belum mendapatkan capaian yang optimal. Hal ini dilihat pada penilaian aspek kompetensi literasi sains peserta didik pada dimensi memberikan penjelasan terkait fenomena sains secara saintifik memiliki persentase sebesar 57,52 % dengan kategori rendah, mendesain dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah memiliki persentase sebesar 68,38 % dengan kategori medium, dan memberikan penafsiran serta interpretasi data secara ilmiah memiliki persentase sebesar 66,18 % dengan kategori medium.

Rendahnya kemampuan literasi sains yang terjadi di Indonesia serta di beberapa sekolah tentunya berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan belajar saintifik yang terjadi di kelas. Kemampuan siswa untuk berpikir kritis, mengumpulkan data secara ilmiah, dan menginterpretasikan data secara ilmiah adalah kunci dari kegiatan belajar saintifik yang efektif. Salah satu pembelajaran sains yang bersifat kontekstual terkait fenomena alam yang berlangsung di sekitar adalah pelajaran biologi. Salah satu pokok bahasan yang menjadi penting untuk dibahas adalah pokok bahasan pencemaran lingkungan. Melalui penggunaan pokok bahasan berbasis pencemaran lingkungan berpotensi untuk membentuk kegiatan belajar sains yang bersifat kontekstual dan menunjang literasi sains yang dimiliki peserta didik.

E-worksheet merupakan lembar kerja peserta didik dalam bentuk elektronik yang berisikan materi pada setiap pertemuan yang disajikan secara praktis agar mudah digunakan oleh peserta didik pada aktivitas belajar untuk membentuk kegiatan belajar yang efektif (Syafitri & Tressyalina, 2020: 287). *E-worksheet* juga dapat berupa kumpulan *slide* yang berisi materi dan soal yang memerlukan kemampuan penyelesaian masalah yang dilakukan oleh peserta didik. *E-worksheet* juga menyediakan video beserta gambar yang menarik agar menunjang kognisi peserta didik terhadap konsep yang dipelajari (Awe & Ende, 2019: 48).

Pendidik harus melakukan hal-hal baru dalam strategi dan perangkat pembelajaran mereka jika mereka ingin meningkatkan literasi sains peserta didik mereka. Pengembangan *e-worksheet* adalah perangkat pembelajaran yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk solusi pembelajaran sains yang lebih interaktif. *E-worksheet* membantu mengubah kegiatan pembelajaran yang semula hanya bersifat konseptual dan monoton menjadi pembelajaran berbasis percobaan yang menuntut peserta didik untuk menjadi lebih aktif. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk meningkatkan kegiatan penyelidikan peserta didik.

Model pembelajaran PBL cocok untuk diintegrasikan dengan *e-worksheet* berbasis materi lingkungan. Model pembelajaran ini memiliki ciri-ciri berupa penyajian masalah atau kasus yang bersifat kontekstual, yang mendorong peserta didik untuk menyelesaikan masalah, berpikir kritis, dan memperoleh pemahaman baru. Widiasworo (2018) berpendapat bahwa model pembelajaran berbasis masalah merupakan proses belajar mengajar yang menyuguhkan masalah kontekstual sehingga peserta didik terangsang untuk belajar. Masalah dihadapkan sebelum proses pembelajaran

berlangsung sehingga dapat memicu peserta didik untuk meneliti, menguraikan dan mencari penyelesaian dari masalah tersebut. Penggunaan perangkat pembelajaran *e-worksheet* pun sebaiknya selaras dengan perkembangan teknologi.

Perangkat pembelajaran elektronik merupakan perangkat pembelajaran yang tidak hanya menyajikan konten materi secara konseptual, namun juga menyediakan pengetahuan yang berhubungan erat dengan konteks masalah sering ditemukan sehari-hari (Pachler *et al.*, 2010). Mc Clean *et al.*, (2005) menyatakan bahwa biologi adalah subjek yang bersifat visual dengan mekanisme dinamis yang kompleks, rumit, serta mencakup berbagai konsep abstrak. Oleh karena itu, visualisasi sangat diperlukan untuk membantu pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak dalam biologi.

Materi tentang pencemaran lingkungan merupakan topik yang membutuhkan visualisasi dan penyajian materi secara jelas agar peserta didik lebih mudah memahaminya. Animasi dan video dapat memudahkan peserta didik dalam mempelajari mekanisme yang kompleks dan dinamis, karena mampu menggambarkan konsep-konsep abstrak menjadi lebih nyata (Mc Clean *et al.*, 2005). Pembelajaran yang menggunakan visualisasi menarik terbukti efektif untuk mengaitkan istilah-istilah dengan proses, struktur, dan komponen dari suatu konsep (O'Day, 2008). Penyajian informasi secara verbal dan visual adalah metode pengkodean yang efektif bagi peserta didik untuk mengingat konsep selama proses pembelajaran (Ward & Wandersee, 2002). Oleh karena itu, pada penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan produk *e-worksheet* agar mengoptimalkan pembelajaran materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan literasi sains peserta didik.

Berdasarkan penelitian Hidayah (2022 : 384) bahwa pembelajaran materi perubahan lingkungan menggunakan *e-worksheet* berbasis *science literacy* terbukti efektif untuk melatih ketrampilan berpikir kritis pada peserta didik. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa sajian perangkat pembelajaran *e-worksheet* ini mampu mendorong daya kritis peserta didik yang juga akan menumbuhkan literasi sains peserta didik. Penelitian yang diteliti oleh Amthari *et al.*, (2021 : 28) mengungkapkan bahwa penggunaan *e-worksheet* juga mampu menaikkan hasil belajar peserta didik pada kegiatan belajar biologi. Studi yang dilakukan oleh Magdalena *et al.*, (2021 : 20) bahwa penggunaan *e-worksheet* juga efektif untuk meningkatkan daya kritis peserta didik dalam menyelesaikan berbagai permasalahan pencemaran lingkungan.

Guru juga direkomendasikan agar dapat memfasilitasi pengembangan peserta didik dalam menggunakan smartphone dalam kegiatan belajar (Kafyulilo, 2014: 115). Penyelesaian tugas sekolah menggunakan smartphone juga mampu meningkatkan prestasi peserta didik dalam bidang sains (Gordesky, 2016: 83). Kegiatan pembelajaran yang disajikan pada *e-worksheet* yang dikembangkan pada penelitian ini diorientasikan sesuai aspek kompetensi literasi sains. Hal ini untuk mendukung terjadi peningkatan literasi sains peserta didik setelah melakukan pembelajaran menggunakan *e-worksheet* ini maka diintegrasikan terhadap model pembelajaran *problem based learning*.

Berdasarkan penjelasan tersebut, *e-worksheet* berbasis PBL memiliki potensi untuk meningkatkan literasi sains bagi peserta didik kelas X SMA, dengan tujuan membantu mereka memahami dan meningkatkan literasi sains pada topik pencemaran lingkungan yang sering mereka temui dalam kehidupan sehari-hari.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (R & D) atau disebut juga sebagai penelitian dan pengembangan. Penelitian dan pengembangan ini dilaksanakan berdasarkan model ADDIE, yang meliputi tahapan *Analysis* (Analisis), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Model ini merupakan pola pengembangan yang memudahkan dalam merancang instruksional, mengembangkan konten, maupun bagi pendidik yang ingin menghasilkan rancangan pembelajaran

serta produk instruksional yang efektif untuk diimplementasikan (Aldoobie, 2015). Pada proses pengembangan produk *e-worksheet* ini, dilakukan beberapa tahap uji coba, yaitu uji kelayakan oleh ahli, uji coba terbatas, serta eksperimen melalui metode *quasi-experiment* dengan desain *non-equivalent pretest-posttest control group design* untuk menilai efektivitas produk ini dalam meningkatkan literasi sains peserta didik.

Subjek Penelitian

Subjek uji coba yang terlibat dalam penelitian dan pengembangan ini mencakup dosen validator media, dosen validator materi, dosen validator pembelajaran biologi, guru biologi, 26 peserta didik kelas X MIPA SMA Negeri 5 Bengkulu Selatan untuk uji coba terbatas, dan 54 peserta didik kelas X MIPA SMA Negeri 5 Bengkulu Selatan untuk uji coba lapangan.

Teknik Pengumpulan Sampel dan Pengembangan Instrumental

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *cluster random sampling*, yaitu pemilihan dua kelompok belajar (kelas) secara acak melalui undian dari lima kelompok belajar (kelas) di kelas X MIPA SMA Negeri 2 Bengkulu Selatan. Teknik pengumpulan data meliputi wawancara, observasi, angket, dan tes. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup lembar panduan wawancara, angket penilaian untuk menguji kelayakan produk *e-worksheet*, angket tanggapan peserta didik, lembar observasi untuk menilai pelaksanaan pembelajaran, serta soal tes literasi sains.

Lembar soal tes yang digunakan untuk mengukur literasi sains terdiri dari 15 soal pilihan ganda. Kelas kontrol dan eksperimen menerima soal tes literasi sains yang identik. Pengukuran literasi sains difokuskan pada aspek kompetensi sesuai dengan pedoman OECD (2019), yang meliputi: 1) menjelaskan fenomena atau isu sains secara ilmiah, 2) merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, serta 3) memberikan penafsiran dan interpretasi data secara ilmiah. Kisi-kisi instrumen tes literasi sains peserta didik dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

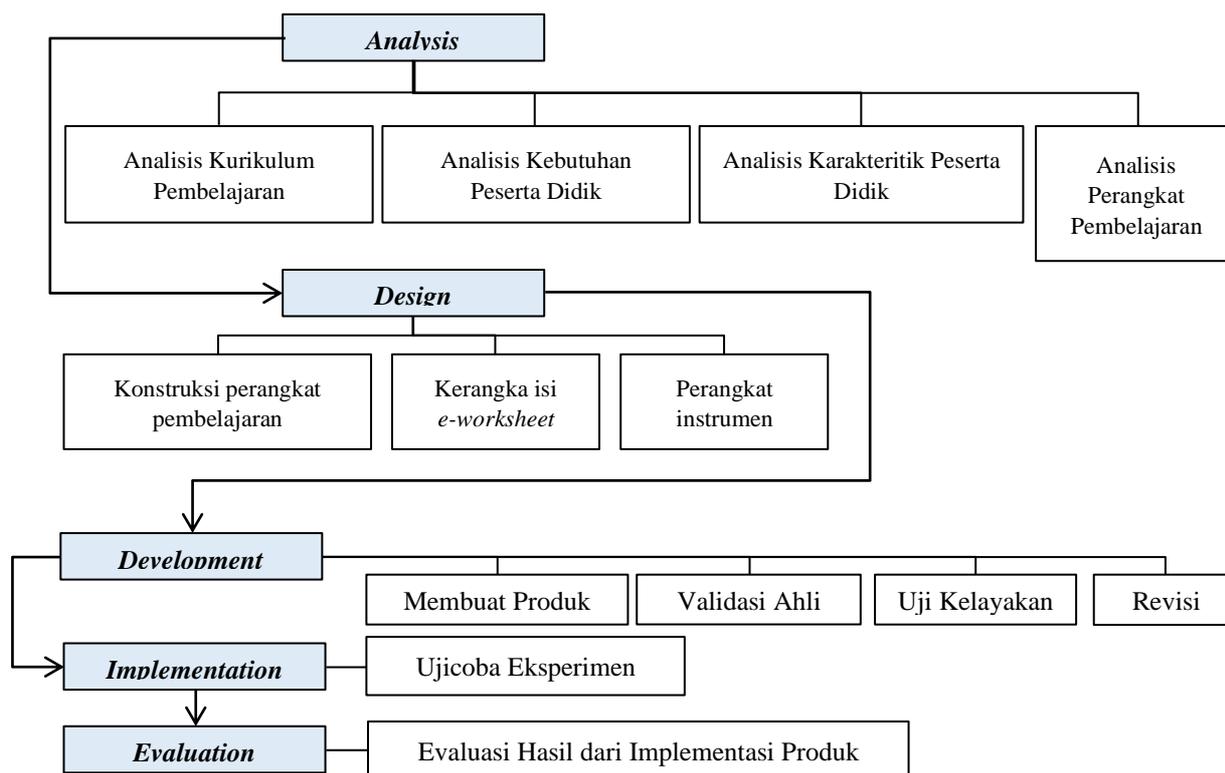
Tabel 1.

Kisi-kisi Instrumen Tes Literasi Sains.

No.	Indikator Literasi Sains	Butir Soal <i>Pre Test</i>	Butir Soal <i>Post Test</i>	Jumlah
1.	Menjelaskan fenomena atau isu sains secara saintifik	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3,4,5,6,7,8	16
2.	Mendesain dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah	9,10,11	9,10,12,14	7
3.	Memberikan penafsiran serta interpretasi data secara ilmiah	12,13,14,15	11,13,15	7
Total Soal				30

Prosedur

Prosedur penelitian dan pengembangan *e-worksheet* berbasis PBL ini dilaksanakan mengikuti tahapan model pengembangan ADDIE yang diadaptasi dari Molenda (2015), yang terdiri dari lima tahap utama. Tahap pertama adalah analisis, yang mencakup kegiatan studi mengenai permasalahan yang dihadapi peserta didik dalam pembelajaran biologi serta kebutuhan mereka untuk mencapai tujuan pembelajaran tersebut. Tahap kedua adalah desain, yang melibatkan perancangan konstruksi perangkat pembelajaran, kerangka isi *e-worksheet*, dan instrumen yang diperlukan. Tahap ketiga adalah pengembangan, yang mencakup pelaksanaan konstruksi rancangan yang telah dibuat sebelumnya menjadi produk yang dapat digunakan. Tahap keempat adalah implementasi, yang mencakup kegiatan uji coba lapangan produk *e-worksheet* setelah dinyatakan layak melalui proses validasi dan revisi berdasarkan saran dari ahli dan praktisi. Tahap kelima adalah evaluasi, yang berfokus pada analisis hasil dari tahap implementasi sebagai dasar perbaikan *e-worksheet* ini. Kelima tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Pengembangan Menggunakan Model ADDIE.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan mencakup analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif berfokus pada kelayakan produk, yang meliputi analisis data dari validasi ahli, hasil wawancara, dan tanggapan peserta didik. Semua instrumen yang digunakan untuk penilaian kelayakan produk ini berbentuk angket. Setiap lembar angket menggunakan skala Likert yang terdiri dari 4 opsi, sehingga dapat dianalisis secara kuantitatif dengan rumus sebagai berikut.

$$M = \frac{\sum fx}{N}$$

Keterangan :

- M : Rata-rata pada setiap aspek
- $\sum fx$: Jumlah skor pada setiap aspek
- N : Jumlah komponen

Setelah mendapatkan data rata-rata per aspek maka dapat diketahui interpretasi per aspek tersebut dengan menggunakan sistem penilaian dan kriteria yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2.

Interpretasi skor dan kriteria lembar angket kelayakan produk.

No.	Rentang Skor	Kriteria
1	$M_i + 1.5 S_{bi} < \bar{X} \leq M_i + 3.0 S_{bi}$	Sangat Baik
2	$M_i + 0 S_{bi} < \bar{X} \leq M_i + 1.5 S_{bi}$	Baik
3	$M_i - 1.5 S_{bi} < \bar{X} \leq M_i + 0 S_{bi}$	Kurang
4	$M_i - 3.0 S_{bi} < \bar{X} \leq M_i - 1.5 S_{bi}$	Sangat Kurang

(Direktorat Pembinaan SMA, 2010).

Selanjutnya, dilakukan analisis data kuantitatif untuk mengukur efektivitas *e-worksheet* berbasis PBL dalam meningkatkan literasi sains. Jika data literasi sains terdistribusi normal dan homogen, analisis dapat dilakukan secara statistik parametrik menggunakan uji *Independent Sample*

T-test. Namun, jika hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa data literasi sains tidak terdistribusi normal dan homogen, analisis dilakukan secara statistik nonparametrik melalui uji *Mann Whitney*. Jika hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan literasi sains antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, analisis peningkatan dilakukan menggunakan metode *n-gain score* dengan rumus sebagai berikut (Hake, 1998).

$$\langle g \rangle = \frac{S_f - S_i}{S_{\max} - S_i}$$

Keterangan :

- $\langle g \rangle$: Nilai normalized gain
 S_f : Skor dari nilai *posttest*
 S_i : Skor dari nilai *pretest*
 S_{\max} : Skor dari nilai maksimal

Kemudian, setelah mendapatkan skor *n-gain* maka dilanjutkan dengan interpretasi skor tersebut untuk mengklasifikasikan kriteria peningkatan yang terjadi pada literasi sains berdasarkan beberapa kriteria menurut Hake (1998). Berikut disajikan kriteria interpretasi skor *n-gain* pada tabel 3.

Tabel 3.

Kriteria indeks skor *n-gain*.

No.	Nilai K	Kriteria
1	$g > 0,70$	Tinggi
2	$0,30 < g \leq 0,70$	Sedang
3	$g \leq 0,30$	Rendah

(Hake, 1998)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan produk *e-worksheet* berbasis PBL ini mengadopsi model pengembangan ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan, yaitu: *Analysis* (analisis), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan), dan *Implementation* (uji coba atau implementasi). Berikut adalah penjelasan untuk setiap tahapan pengembangan.

1. *Analysis*

Tahap analisis merupakan proses menganalisis dan mengidentifikasi berbagai persoalan yang ditemui pada kegiatan belajar biologi di sekolah. Setelah mengetahui berbagai permasalahan tersebut, peneliti dapat melakukan observasi dan wawancara untuk menentukan dan mengetahui mengenai berbagai kebutuhan yang diperlukan sekolah. Hal ini bertujuan untuk mengatasi berbagai permasalahan pembelajaran biologi serta meningkatkan capaian pembelajaran. Hasil wawancara guru biologi serta observasi perangkat pembelajaran biologi, ditemukan beberapa aspek penting yang menjadi perhatian yaitu proses pembelajaran, sumber belajar, media pembelajaran, perangkat pembelajaran, dan penggunaan fasilitas sekolah dalam pembelajaran biologi.

Tahap analisis ini juga melibatkan studi pendahuluan mengenai aspek literasi sains peserta didik. Berdasarkan pengukuran literasi sains pada materi pencemaran lingkungan yang dilakukan terhadap 34 peserta didik di SMA Negeri 2 Bengkulu Selatan, hasilnya menunjukkan bahwa persentase peserta didik yang berada dalam kategori medium mencapai 55,88%. Sementara itu, peserta didik yang termasuk dalam kategori sangat rendah sebanyak 32,5%, kategori tinggi hanya mencapai 8,82%, dan kategori sangat tinggi sebesar 2,94%.

Rendahnya kemampuan literasi sains pada konsep pencemaran lingkungan memerlukan proses pembelajaran yang tepat dan strategis. Pemilihan model pembelajaran menjadi solusi alternatif bagi guru untuk melaksanakan proses pembelajaran yang sesuai. Tentunya hal ini dibuktikan oleh data dari analisis kebutuhan (*need assessment*) bahwa sebanyak 32% peserta didik mengungkapkan metode dalam pembelajaran biologi yang disajikan oleh guru kurang menarik. Kemudian, data analisis kebutuhan (*need assessment*) juga menunjukkan bahwa sebanyak 38% mengungkapkan LKPD yang dioperasikan oleh guru tidak menarik dan masih bersifat sajian materi.

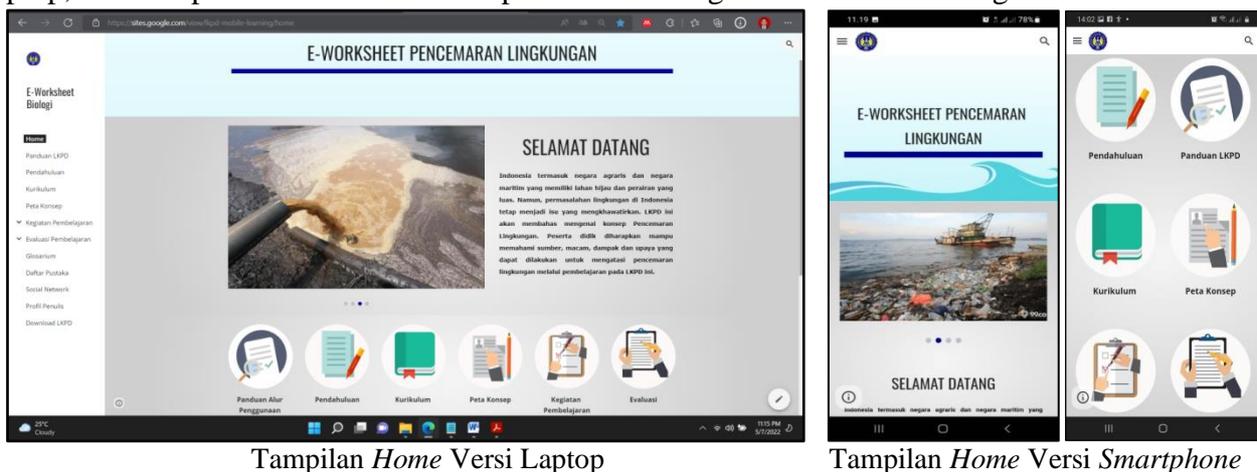
2. Design

Tahap perancangan adalah proses penting dalam pengembangan produk *e-worksheet*, di mana dilakukan penyusunan perangkat pembelajaran biologi yang berfokus pada topik pencemaran lingkungan, sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.11 dan KD 4.11. *E-worksheet* ini dirancang menjadi tiga kegiatan pembelajaran yang masing-masing berfokus pada subtopik yang berbeda, yaitu: 1) Lingkungan dan penyebab pencemaran lingkungan, 2) Dampak pencemaran lingkungan, dan 3) Penanggulangan pencemaran serta daur ulang limbah.

Pada setiap kegiatan, dihadirkan permasalahan lingkungan yang bervariasi untuk merangsang peserta didik dalam berpikir kritis dan analitis. Setiap permasalahan tersebut dirancang untuk mendorong peserta didik terlibat aktif dalam diskusi, sehingga mereka dapat mengeksplorasi solusi dan pendapat berdasarkan panduan kegiatan yang disediakan dalam *e-worksheet*. Melalui pendekatan ini, diharapkan peserta didik dapat lebih memahami isu-isu lingkungan yang relevan dan mengembangkan keterampilan literasi sains mereka secara efektif.

3. Development

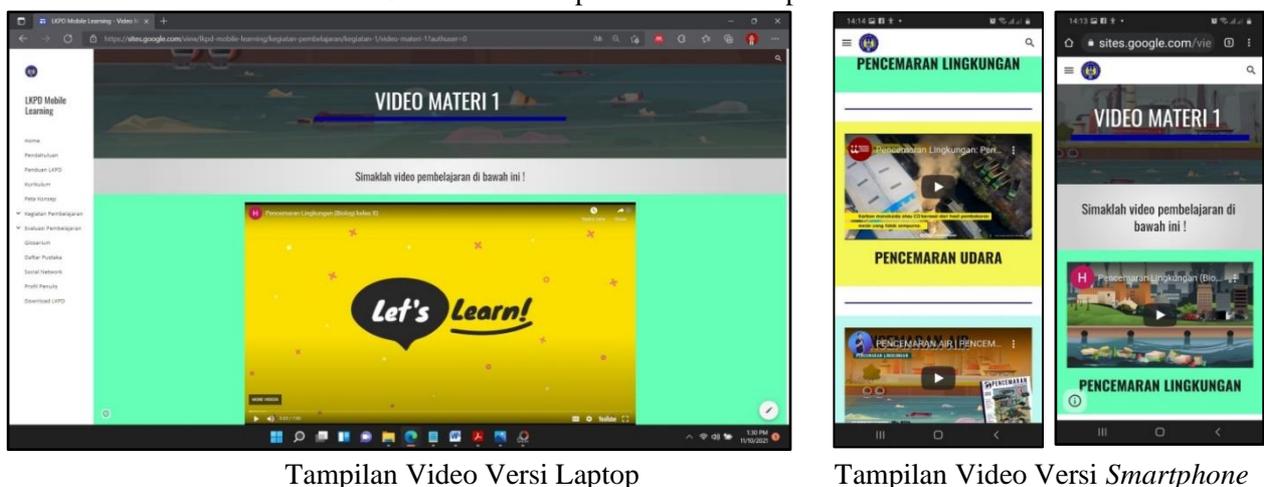
Tahap ini merupakan proses produksi atau pembuatan produk *e-worksheet* dan tahap pelaksanaan validasi terhadap produk *e-worksheet* berdasarkan studi kelayakan dari penilaian dosen ahli di bidang materi, bidang media, dan bidang pembelajaran. Validasi kelayakan produk oleh ahli berperan untuk menghasilkan produk *e-worksheet* yang layak dan siap untuk diimplementasikan ke sekolah. Proses pembuatan *e-worksheet* menggunakan platform *Google Site*, *Adobe Photoshop*, dan *Microsoft office*. Produk *e-worksheet* pada penelitian ini dikonstruksi menjadi sebuah *website* yang dapat diakses dan digunakan melalui *smartphone* berbasis android, *smartphone* berbasis IOS, tablet, laptop, dan komputer. Gambaran beberapa menu dari bagian *e-worksheet* sebagai berikut:



Tampilan Home Versi Laptop

Tampilan Home Versi Smartphone

Gambar 2. Tampilan menu home pada *e-worksheet*



Tampilan Video Versi Laptop

Tampilan Video Versi Smartphone

Gambar 3. Tampilan menu video pada *e-worksheet*.

Setelah produk *e-worksheet* berhasil dikonstruksi menjadi sebuah website yang dapat diakses, langkah berikutnya adalah proses validasi kelayakan oleh dosen ahli. Penilaian kelayakan dilakukan oleh dosen yang memahami aspek materi, aspek pembelajaran, dan aspek media. Dosen ahli tersebut akan memberikan saran dan menilai *e-worksheet* melalui angket. Beberapa aspek yang diperhatikan dalam penilaian aspek materi meliputi kelayakan konten, akurasi materi, didaktik, konstruksi, dan teknis penyajian. Hasil penilaian untuk aspek materi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4.

Hasil evaluasi kelayakan produk *e-worksheet* pada aspek materi.

Aspek Penilaian	Rata-Rata Skor	Jumlah Skor	Kriteria
Kelayakan Materi	3,75	15	Sangat Baik
Ketepatan Materi	3,8	19	Sangat Baik
Aspek Pengajaran	3,83	23	Sangat Baik
Penyusunan	3,8	38	Sangat Baik
Aspek Teknis	3,6	18	Sangat Baik

Merujuk pada penilaian dari ahli materi yang ditampilkan pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa kelayakan produk *e-worksheet* berada dalam kategori sangat baik untuk aspek kelayakan materi, keakuratan materi, didaktik, konstruksi, dan teknis. Meskipun demikian, terdapat beberapa istilah dalam penulisan yang memerlukan perbaikan. Oleh karena itu, dosen ahli materi memberikan beberapa saran terkait penyajian konten pada produk *e-worksheet* ini. Berdasarkan saran tersebut, dilakukan revisi terhadap penulisan dan narasi yang masih kurang tepat pada materi. Selanjutnya, penilaian kelayakan produk dilanjutkan dengan evaluasi pada aspek media dan aspek pembelajaran. Penilaian terhadap kelayakan produk pada aspek media dan pembelajaran dilakukan oleh dosen ahli di bidang pembelajaran biologi. Hasil penilaian untuk aspek media dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5.

Hasil evaluasi kelayakan produk *e-worksheet* pada aspek media.

Aspek Penilaian	Rerata Skor	Jumlah Skor	Kriteria
Penerapan Perangkat Lunak	4	16	Sangat Baik
Komunikasi Visual	3,8	19	Sangat Baik
Kualitas Grafis	3,8	19	Sangat Baik
Penggunaan Bahasa	4	8	Sangat Baik
Kemudahan Dalam Pengoperasian	4	12	Sangat Baik
Kehandalan Situs <i>Web</i>	3,5	7	Sangat Baik
Kualitas Ilustrasi (artikel, gambar dan video)	4	8	Sangat Baik
Aksesibilitas	4	4	Sangat Baik

Berdasarkan penilaian aspek media yang dapat dilihat pada Tabel 5, dapat diketahui bahwa kategori kelayakan produk *e-worksheet* yang ditinjau dari semua aspek penilaian media adalah sangat baik. Penilaian aspek media mempertimbangkan beberapa kriteria, yaitu penerapan perangkat lunak, kualitas grafis, komunikasi visual, penggunaan bahasa, kemudahan dalam pengoperasian, keandalan situs web, kualitas ilustrasi, dan aksesibilitas. Namun, masih terdapat beberapa saran dari dosen ahli media mengenai sajian *website* produk *e-worksheet* mulai dari perlunya dilakukan perbaikan pada menu panduan pengguna *e-worksheet*, perbaikan sub-menu (panduan kegiatan, materi belajar, video belajar, dan aktivitas belajar) pada kegiatan pembelajaran. Berdasarkan beberapa saran pada aspek media, sehingga dilaksanakan tindak lanjut dalam bentuk revisi pada penyusunan fitur menu yang belum tepat. Kemudian, penilaian kelayakan produk dilanjutkan pada penilaian aspek pembelajaran. Penilaian aspek pembelajaran dinilai berdasarkan beberapa prasyarat penilaian mulai dari didaktik, konstruksi, dan teknis. Adapun hasil evaluasi aspek pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6.

Hasil evaluasi kelayakan produk *e-worksheet* pada aspek pembelajaran.

Aspek Penilaian	Rata-Rata Skor	Jumlah Skor	Kriteria
Didaktik	3,71	26	Sangat Baik
Konstruksi	3,8	38	Sangat Baik
Teknis	3,8	19	Sangat Baik

Berdasarkan penilaian ahli pembelajaran yang dapat dilihat pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa kategori kelayakan produk *e-worksheet* yang ditinjau dari semua aspek penilaian pembelajaran adalah sangat baik. Berdasarkan penilaian pada aspek pembelajaran maka produk *e-worksheet* ini dapat dinyatakan layak untuk diimplementasikan pada kegiatan belajar biologi pada materi pencemaran lingkungan. Namun, masih terdapat beberapa saran dari dosen ahli pembelajaran mengenai rancangan proses pembelajaran yang terdapat pada produk *e-worksheet* mulai dari perbaikan tujuan pembelajaran harus memuat aspek ABCD yang merupakan singkatan dari *Audience* (siapa), *Behaviour* (perilaku /tindakan), *Condition* (kondisi), dan *Degree* (kriteria). Kemudian, perbaikan pada aspek beberapa indikator pencapaian kompetensi dan beberapa kalimat instruksi pada panduan kegiatan peserta didik harus merujuk terhadap proses pembelajaran PBL. Sesudah dilaksanakan perbaikan produk *e-worksheet* yang merujuk terhadap saran dari dosen ahli, maka dapat dilanjutkan kepada proses uji coba terbatas untuk mendapatkan penilaian kelayakan produk *e-worksheet* menurut praktisi dan peserta didik.

Kemudian, penilaian kelayakan produk *e-worksheet* juga dilakukan oleh guru biologi sebagai praktisi, ditinjau dari berbagai aspek seperti penerapan perangkat lunak, komunikasi visual, kelayakan materi, akurasi materi, didaktik, konstruksi, dan teknis. Data mengenai penilaian kelayakan produk *e-worksheet* menurut guru biologi dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7.

Hasil penilaian kelayakan produk *e-worksheet* oleh guru biologi.

Aspek Penilaian	Rerata Skor	Jumlah Skor	Kriteria
Implementasi Perangkat Lunak	3,78	11,33	Sangat Baik
Penampilan Visual	3,83	15,33	Sangat Baik
Kelayakan Materi	4	8	Sangat Baik
Ketepatan Materi	3,75	15	Sangat Baik
Didaktik	3,75	15	Sangat Baik
Konstruksi	3,87	38,67	Sangat Baik
Teknis	3,92	15,67	Sangat Baik

Merujuk dari hasil penilaian guru biologi pada Tabel 7 maka dapat diketahui bahwa produk *e-worksheet* ini dikategorikan sangat baik pada semua aspek. Penilaian ini juga mengungkapkan bahwa produk *e-worksheet* ini layak untuk diaplikasikan pada proses pembelajaran biologi materi pencemaran lingkungan. Namun, masih terdapat beberapa saran dari guru biologi mengenai produk *e-worksheet* mulai dari perlunya ditambahkan lembar jawaban untuk komputer agar memudahkan peserta didik yang menggunakan *e-worksheet* melalui komputer atau laptop. Kemudian, perlunya ditambahkan video berita atau video penjelasan mengenai permasalahan pencemaran lingkungan mengenai “Kehadiran PLTU Batu Bara di Bengkulu Mengancam Lingkungan”. Berdasarkan beberapa saran dari guru biologi, sehingga harus ditindaklanjuti dengan melaksanakan perbaikan pada beberapa bagian terutama pada fitur menu kegiatan pembelajaran. Penilaian produk *e-worksheet* ini juga dilakukan oleh peserta didik melalui angket tanggapan peserta didik setelah digunakan pada pembelajaran biologi. Penilaian yang dilakukan oleh peserta didik mengacu pada beberapa aspek, yaitu aspek penyajian, aspek kebahasaan, aspek komunikasi visual, dan aspek manfaat. Hasil penilaian dari peserta didik terhadap produk *e-worksheet* dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8.

Hasil evaluasi produk *e-worksheet* berdasarkan tanggapan peserta didik.

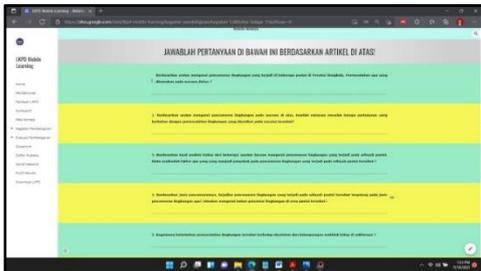
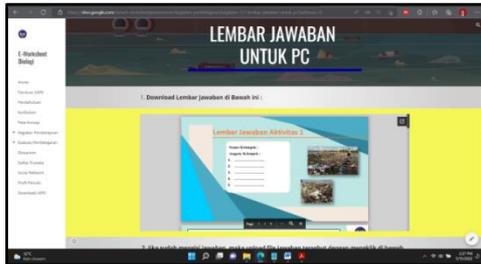
Aspek Penilaian	Rata-Rata Skor	Jumlah Skor	Kriteria
Aspek Penyajian	3,78	18,88	Sangat Baik
Aspek Kebahasaan	3,73	7,46	Sangat Baik
Aspek Komunikasi Visual	3,84	15,35	Sangat Baik
Aspek Kemanfaatan	3,80	15,19	Sangat Baik

Merujuk pada hasil penilaian dari peserta didik pada Tabel 8, maka dapat diketahui bahwa kategori produk *e-worksheet* pada semua aspek adalah sangat baik. Peserta didik juga memberikan tanggapan bahwa *e-worksheet* ini juga mempunyai aktualisasi halaman yang menarik serta tidak monoton untuk dipelajari, karena *e-worksheet* ini memiliki tampilan gambar, teks, video, dan desain tampilan yang menarik. Penilaian menurut guru dan peserta didik mengungkapkan bahwa *e-worksheet* yang menjalani pengembangan dalam penelitian ini dinyatakan layak untuk diimplementasikan.

Semua masukan dari validator, praktisi (guru), dan peserta didik menjadi rekomendasi proses perbaikan untuk menyempurnakan *e-worksheet* ini. Semua perbaikan dilakukan pada tahap revisi berdasarkan semua saran pada proses pengembangan ini. Tahap pengembangan merupakan proses pembuatan produk dan perbaikan produk agar mendapatkan produk yang layak untuk digunakan pada tahap implementasi. Berikut beberapa hasil perbaikan berdasarkan rekomendasi validator, peserta didik, dan guru yang dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9.

Hasil revisi beberapa bagian *e-worksheet*.

No.	Bagian yang Diperbaiki	Keterangan
1.	<p>Sebelum Direvisi</p>  <p>Sesudah Revisi</p> 	<p>Perlu ditambahkan lembar jawaban untuk komputer agar memudahkan peserta didik yang menggunakan <i>e-worksheet</i> melalui komputer atau laptop.</p>
2.	<p>Sebelum Direvisi</p>  <p>Sesudah Revisi</p>	<p>Perlu ditambahkan video berita atau video penjelasan mengenai permasalahan pencemaran lingkungan mengenai “Kehadiran PLTU Batu Bara di Bengkulu Mengancam Lingkungan”.</p>

Revisi produk merupakan proses perbaikan produk *e-worksheet* ini selama proses pengembangan berdasarkan rekomendasi dari dosen ahli pada bidang media, bidang materi, bidang pembelajaran, pendidik biologi, dan tanggapan peserta didik. Revisi dilakukan sebanyak 3 tahap, yang dimulai dari revisi tahap pertama, yaitu perbaikan perangkat *e-worksheet* sesuai dengan rekomendasi dari dosen ahli pada bidang materi, media, dan pembelajaran. Kemudian, revisi tahap kedua adalah perbaikan produk *e-worksheet* sesuai dengan masukan dan rekomendasi dari guru serta peserta didik. Terakhir, revisi tahap ketiga merupakan proses revisi yang dilakukan berdasarkan saran dari guru serta peserta didik selama proses uji lapangan pada tahap implementasi.

Setiap tahap revisi bertujuan untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kelayakan dan efektivitas dalam mendukung proses pembelajaran. Revisi yang dilakukan secara bertahap memungkinkan penyesuaian yang lebih baik terhadap kebutuhan dan konteks peserta didik. Proses penilaian kelayakan produk melibatkan berbagai pihak, termasuk dosen ahli dan pengguna akhir, produk *e-worksheet* diharapkan dapat lebih relevan dan adaptif terhadap dinamika pembelajaran di kelas. Selain itu, umpan balik yang diperoleh selama proses ini memberikan wawasan yang berharga untuk meningkatkan kualitas materi dan desain, sehingga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik bagi peserta didik. Revisi ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk, tetapi juga menumbuhkan rasa kepemilikan di kalangan peserta didik, yang pada akhirnya dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran.

4. Implementation

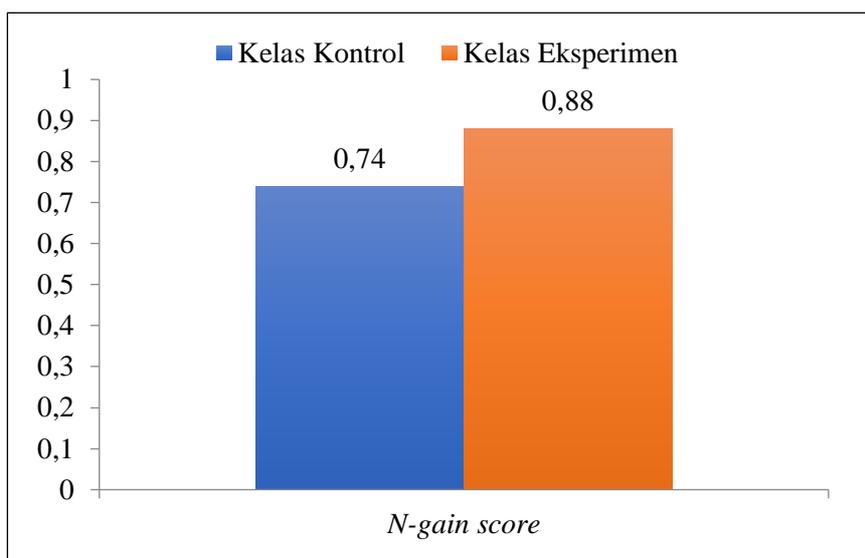
Produk *e-worksheet* yang telah melalui proses validasi selanjutnya memasuki tahap uji coba di sekolah. Uji coba lapangan bertujuan untuk menganalisis efektivitas produk *e-worksheet* berbasis PBL dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Pengukuran literasi sains dilakukan dengan menggunakan instrumen tes yang dikerjakan oleh peserta didik sebelum (*pretest*) dan setelah pelaksanaan pembelajaran (*posttest*), baik di kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Setelah melakukan uji prasyarat, diketahui bahwa data literasi sains yang diperoleh tidak homogen dan tidak berdistribusi normal. Hal ini menunjukkan bahwa analisis hipotesis pada data literasi sains harus dilakukan secara statistik non-parametrik menggunakan uji *Mann Whitney*. Tujuan dari uji hipotesis ini adalah untuk mengetahui efektivitas *e-worksheet* berbasis PBL dalam meningkatkan literasi sains. Uji *Mann Whitney* menggunakan data *posttest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol serta data *n-gain score* pada kedua kelas. Pengolahan data uji *Mann Whitney* ini dilakukan menggunakan aplikasi SPSS versi 24.0. Berikut adalah hasil uji *Mann Whitney* berdasarkan data *posttest* literasi sains yang disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10.

Hasil penghitungan uji *Mann Whitney* pada literasi sains berdasarkan data *post-test*.

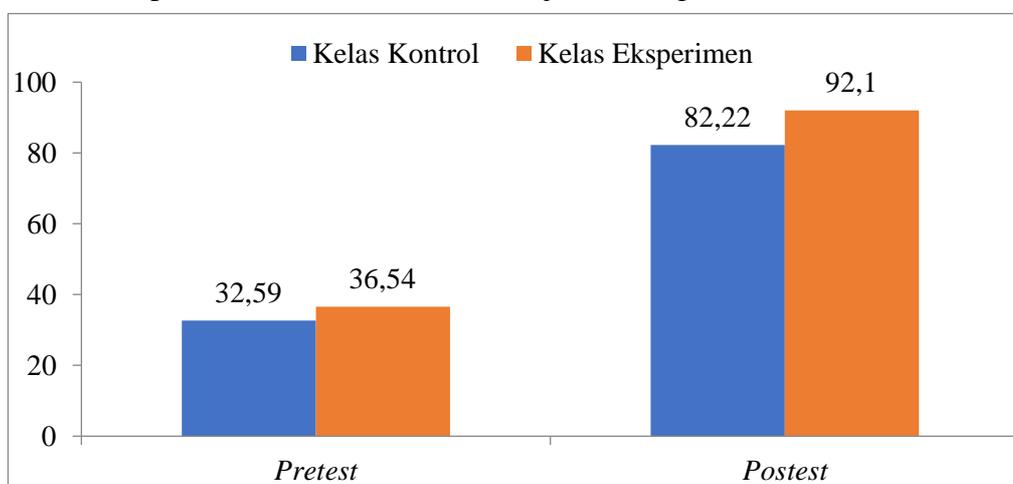
	Literasi Sains
Mann-Whitney U	118.000
Wilcoxon W	496.000
Z	-4.429
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney* yang tercantum dalam Tabel 10, diperoleh nilai signifikansi untuk data *posttest* literasi sains sebesar 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa nilai sig. lebih kecil dari nilai α ($0.00 < 0.05$), sehingga hipotesis alternatif (H_a) diterima. Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney*, terdapat perbedaan yang signifikan dalam literasi sains peserta didik antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, yang menunjukkan bahwa *e-worksheet* berbasis PBL berpengaruh terhadap peningkatan literasi sains peserta didik. Selanjutnya, dilakukan analisis data *n-gain score* untuk menentukan tingkat atau kategori peningkatan literasi sains yang terjadi di kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berikut ini disajikan grafik perhitungan kenaikan *n-gain score* literasi sains peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik peningkatan *n-gain score* literasi sains peserta didik di kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Hasil peningkatan *n-gain score* menunjukkan bahwa perkembangan literasi sains di kelas eksperimen lebih signifikan dibandingkan dengan yang terjadi di kelas kontrol. Hal ini disebabkan oleh kenaikan rata-rata nilai yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* di kelas eksperimen yang juga berlangsung secara signifikan. Rata-rata nilai (mean) pada *posttest* kelas eksperimen tercatat sebesar 92,10, sementara rata-rata nilai (mean) pada *posttest* kelas kontrol adalah 82,22. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, perbedaan kenaikan rata-rata nilai literasi sains peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik peningkatan rata-rata nilai literasi sains peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

5. Evaluation

Proses evaluasi dilaksanakan pada semua tahapan proses penelitian dan pengembangan. Pada tahap analisis dan perancangan dilakukan evaluasi berdasarkan saran serta rekomendasi dari dosen pembimbing. Pada tahap analisis hingga pengembangan dilakukan evaluasi berdasarkan saran oleh dosen ahli, guru sebagai praktisi, dan peserta didik. Evaluasi pada tahap pengembangan bertujuan untuk mengetahui kelayakan penggunaan *e-worksheet* sebelum diimplementasikan pada uji coba lapangan. Pada tahap implementasi juga dilakukan evaluasi akhir untuk mengetahui keefektifan produk *e-worksheet* dalam mendorong peningkatan literasi sains.

Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney* yang menggunakan data *posttest* dan *n-gain score*, diperoleh nilai signifikansi yang lebih kecil dari α ($0,00 < 0,05$), yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam literasi sains antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Dari analisis *n-gain score*, rata-rata *n-gain score* literasi sains untuk kelas kontrol adalah 0,74 dengan kategori tinggi, sementara untuk kelas eksperimen adalah 0,88 dengan kategori tinggi. Ini menunjukkan bahwa penggunaan *e-worksheet* berbasis PBL di kelas eksperimen lebih efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rubini *et al.*, (2019), yang menyatakan bahwa metode pembelajaran berbasis PBL dapat secara signifikan meningkatkan kompetensi literasi sains peserta didik.

OECD (2016) mengemukakan bahwa untuk mencapai domain kompetensi dalam literasi sains, diperlukan kemampuan untuk berdiskusi secara kritis mengenai isu-isu yang berhubungan dengan sistem teknologi dan pengetahuan sains. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran berbasis PBL sangat penting dalam membantu peserta didik mencapai kompetensi literasi sains. Metode ini mendorong peserta didik untuk melatih keterampilan berpikir kreatif dan kritis dalam menghadapi masalah. Setyasih *et al.*, (2022) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah (PBL) memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan literasi sains peserta didik.

Hal ini menunjukkan bahwa setiap aspek kompetensi literasi sains mengalami peningkatan yang signifikan. Berdasarkan data penelitian, aspek menjelaskan fenomena atau isu sains secara ilmiah menunjukkan peningkatan sebesar 50,41%. Selanjutnya, pada aspek mendesain dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, peningkatan yang tercatat adalah sebesar 52,69%. Sementara itu, pada aspek menafsirkan bukti dan data secara ilmiah, terdapat peningkatan sebesar 41,13%. Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek mendesain dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, yang tentunya dipengaruhi oleh penerapan pembelajaran berbasis PBL. Menurut Ardianti *et al.*, (2021), salah satu aspek penting dalam pembelajaran berbasis masalah adalah pembelajaran ini dapat memicu peserta didik untuk belajar dan bekerja keras dalam memecahkan suatu permasalahan, karena dihadapkan pada suatu permasalahan dunia nyata dan dilakukan saat pembelajaran.

Peningkatan literasi sains peserta didik juga disebabkan oleh bentuk *e-worksheet* yang disajikan berupa *website*. Menurut Ilana & Cintamulya (2022) bahwa penggunaan *e-worksheet* pada kegiatan belajar dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis bagi peserta didik. Peningkatan berpikir kritis juga berpengaruh terhadap kemampuan literasi sains peserta didik. Kemudian, *e-worksheet* ini dapat meningkatkan komunikasi antar peserta didik, sekolah, dan guru melalui *channel* komunikasi yang menarik. Peserta didik juga mampu mengakses materi pembelajaran kapan saja, walaupun berada di luar kelas pembelajaran. Penyajian *e-worksheet* berupa *website* dilengkapi oleh gambar, video, dan artikel yang memfasilitasi peserta didik dalam mengeksplorasi pokok bahasan pencemaran lingkungan.

Peserta didik dapat memanfaatkan beberapa komponen yang tersedia pada *e-worksheet* antara lain seperti rangkuman materi, kegiatan pembelajaran, prosedur aktivitas belajar, tugas kuis yang menarik, dan berbagai fitur tampilan lainnya (Sulisworo, 2019). Pembelajaran yang menggunakan *e-worksheet* dilakukan dengan memanfaatkan perangkat elektronik atau seluler dalam mengeksplorasi bahan belajar dan sumber belajar, dapat saling terhubung serta berkomunikasi, menciptakan konten yang berhubungan dengan konsep yang dipelajari, dan dapat dilaksanakan pada tempat yang fleksibel (Darmawan, 2016). *Website* juga disebut sebagai kombinasi dari berbagai situs halaman yang menyajikan tampilan informasi data yang berupa narasi/teks, gambar, video, data animasi, data audio, dan atau kompilasi dari keseluruhan data tersebut yang disajikan secara tampilan statis maupun dinamis. Kemudian, semua data tersebut saling terkoneksi melalui jaringan antar halaman untuk membentuk suatu rangkaian satu platform atau bangunan (Nurni, 2014).

Hasil analisis penelitian juga telah menunjukkan bahwa produk *e-worksheet* ini efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Temuan ini sejalan dengan penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh Hidayah (2022), yang menemukan bahwa pembelajaran materi perubahan lingkungan menggunakan *e-worksheet* berbasis literasi sains terbukti efektif dalam melatih

keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian tersebut memberikan gambaran bahwa perangkat pembelajaran *e-worksheet* ini dapat mendorong kemampuan kritis peserta didik, yang pada gilirannya akan meningkatkan literasi sains mereka. Selain itu, penelitian oleh Amthari *et al.*, (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan *e-worksheet* juga dapat meningkatkan hasil belajar siswa dalam kegiatan pembelajaran biologi. Studi yang dilakukan oleh Magdalena *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa penerapan *e-worksheet* efektif dalam meningkatkan kemampuan kritis siswa dalam menyelesaikan berbagai masalah terkait pencemaran lingkungan. Guru juga disarankan untuk memfasilitasi pengembangan peserta didik dalam memanfaatkan smartphone dalam kegiatan belajar (Kafyulilo, 2014). Penggunaan smartphone untuk menyelesaikan tugas sekolah juga dapat meningkatkan prestasi siswa di bidang sains (Gordesky, 2016).

Berdasarkan kajian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa produk yang dikembangkan dalam penelitian ini efektif dalam mendorong peningkatan literasi sains peserta didik. Penyajian masalah pencemaran lingkungan yang relevan dengan konteks yang dihadapi peserta didik berpotensi untuk mengasah kompetensi literasi sains mereka. *E-worksheet* yang disajikan dalam format *website* memudahkan peserta didik dalam menganalisis materi, memberikan akses yang lebih baik terhadap informasi, mendorong partisipasi aktif, serta meningkatkan interaksi sosial antar peserta didik. Faktor-faktor inilah yang menjadi dasar bagi peningkatan literasi sains pada peserta didik setelah menggunakan *e-worksheet* berbasis PBL.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan *e-worksheet* berbasis *Problem Based Learning* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *e-worksheet* berbasis *Problem Based Learning* pada materi pencemaran lingkungan sudah sesuai untuk digunakan dalam pembelajaran biologi bagi peserta didik kelas X SMA. Hal ini dikarenakan *e-worksheet* tersebut telah memenuhi aspek kelayakan yang ditentukan oleh penilaian dari ahli materi, ahli pembelajaran, ahli media, guru biologi sebagai praktisi, serta peserta didik kelas X SMA yang semuanya meraih skor rerata sebesar 3,82 dengan kategori sangat baik.

Selain itu, *e-worksheet* berbasis *Problem Based Learning* ini juga terbukti efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik kelas X SMA. Hasil uji hipotesis menggunakan uji *Mann Whitney* menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara literasi sains di kelas eksperimen dan kelas kontrol. Peningkatan literasi sains yang tercatat pada kelas eksperimen masuk dalam kategori tinggi menurut *n-gain score*. Peningkatan literasi sains menurut *n-gain score* yang terjadi pada kelas eksperimen meraih skor sebesar 0,88 dengan kategori tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldoobie, N. (2015). ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) Model. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68-72
- Amthari, W., Muhammad, D., & Anggereini, E. (2021). Pengembangan E-LKPD Berbasis Sainifik Materi Sistem Pernapasan pada Manusia Kelas XI SMA. *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 7(3), 28-35
- Ardianti, R., Sujarwanto., & Surahman. (2021). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27-35
- Awe, E. Y., & Ende, M. I. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Elektronik Bermuatan Multimedia Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa Pada Tema Daerah Tempat Tinggalku Pada Siswa Kelas IV SDI Rutosoro Di Kabupaten Ngada. *Jurnal DIDIKA: Wahana Ilmiah Pendidikan Dasar*, 5(2), 48. <https://doi.org/10.29408/didika.v5i2.1782>
- Darmawan, D. (2016). *Mobile Learning: Sebuah Aplikasi Teknologi Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Direktorat Pembinaan SMA. (2008). *Panduan pengembangan bahan ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional

- Gordesky, J. T. (2016). *The impact on achievement from student and parent attitudes towards using smartphones in school*. [Disertasi doktor, University of North Texas]. ProQuest Dissertation Publishing, 1-121.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 67–74. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>
- Hidayah, I. N. (2022). Pengembangan E-LKPD Perubahan Lingkungan Berbasis Science Literacy Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X SMA. *Bio Edu Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 11(2), 383-393.
- Ilana, N., & Cintamulya, I. (2022). Validity of Project-Based Electronic Worksheets to Improve Students' Critical Thinking Ability. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(1), 20-32.
- Kafyulilo, A. (2014). Acces, use and perceptions of teachers and students towards mobile phones as a tool for teaching and learning in Tanzania. *Journal of Education and Information Technology*, 19(1), 115-127.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2017). *Materi Pendukung Literasi Sains. Gerakan Literasi Nasional*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Magdalena, M., Putra, A. P., & Winarti, A. (2021). The Practicality of E-LKPD Materials on Environmental Pollution to Practice Critical Thinking. *Jurnal Biologi Inovasi Pendidikan*, 3(3), 210-215
- McClean, P., Johnson C., Rogers R., & Daniels L. (2005). Molecular and cellular biology animations: Development and impact on student learning. *Cell Biology Education*, 4, 169-179
- Molenda, M. (2015). In Search of The Elusive ADDIE Model. *Performance Improvement*, 54(2), 40-41
- O'Day, D.H. (2008). Using animations to teach biology: past and future research on the attributes that underlie pedagogically sound animations. *The American Biology Teacher*, 70(5), 274-278
- OECD. (2016). *PISA 2012 Assessing Scientific, Reading, and Mathematical Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Pisa 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Insight and Interpretations*. Paris: OECD Publishing.
- Rubini. B., D. Ardianto., Setyaningsih. S., & Sariningrum. A. (2019). Using Socio-scientific Issues in Problem Based Learning to Enhance Science Literacy. *IOP Journal of Physics: Conference Series*, 1233, 1-4. Doi:10.1088/1742-6596/1233/1/012073
- Setyasih, B.A., Rusdi., & Ristanto. (2022). Studi Meta Analisis: Problem-Based Learning terhadap Keterampilan Literasi Sains Peserta Didik. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 7 (1), 93-102
- Sulisworo, D. (2019). *Teori dan Praktek Mobile Collaborative Learning*. Jakarta: CV Markumi.
- Syafitri, R. A., & Tressyalina. (2020). The Importance of the Student Worksheets of Electronic (E-LKPD) Contextual Teaching and Learning (CTL) in Learning to Write Description Text during Pandemic COVID-19. *International Conference on Language, Literature, and Education*, 284–287. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201109.048>
- Ward, R.E., & Wandersee, J. (2002). Struggling to Understand Abstract Science Topics: a Roundhouse Diagram-Based Study. *International Journal of Science Education*. 24(6): 575-591
- Widiasworo, E. (2018). *Strategi pembelajaran edu tainment berbasis karakter* (1st ed.). Yogyakarta, Indonesia: Ar-Ruzz Media.