

Validasi Lembar Kerja Perhitungan Laju Pertumbuhan Mikroba: Meningkatkan Keterampilan 4C Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek

Rahayu Kariadinata*¹, Tuti Kurniati²

¹ Prodi Pendidikan Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

² Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

rahayu.kariadinata@uinsgd.ac.id, tuti.kurniati@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan mikroba yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*) melalui pendekatan pembelajaran berbasis proyek. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan validasi dengan desain pre-eksperimental, yang melibatkan validasi lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan mikroba berbasis proyek untuk meningkatkan keterampilan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*). Validasi dilakukan oleh para ahli, dan hasilnya menunjukkan bahwa lembar kerja tersebut valid dan layak digunakan dalam pembelajaran bioteknologi. Implementasi lembar kerja ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan 4C siswa, dengan peningkatan signifikan pada skor posttest dibandingkan pretest, serta nilai *N-Gain* yang tergolong tinggi. Lembar kerja yang divalidasi ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pembelajaran yang memadukan konsep ilmiah dengan penerapan praktis, khususnya dalam konteks bioteknologi.

Kata kunci: lembar kerja, 4C, pembelajaran berbasis proyek

Abstract

This study aims to validate a worksheet designed to calculate microbial growth rates with the goal of enhancing 4C skills (Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication) through a project-based learning approach. The method employed in this research refers to the 4-D model. However, in this study, the development process was limited to 3-D, which includes the stages of definition (define), design (design), and development (development). To measure 4C skills, a pre-experimental method with a one-group pretest-posttest design was used, where students' 4C skills were assessed before and after the implementation of the worksheet. The validation was conducted by experts, and the results indicate that the worksheet is valid and suitable for use in biotechnology education. The implementation of this worksheet proved effective in enhancing students' 4C skills, with a significant increase in posttest scores compared to pretest scores, as well as a high N-Gain value. This validated worksheet can be utilized as a teaching aid that integrates scientific concepts with practical applications, particularly in the context of biotechnology.

Keywords: worksheet, 4C, project-based learning

PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menekankan pentingnya pengembangan keterampilan yang relevan dengan tuntutan zaman, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, yang dikenal sebagai 4C. Pendekatan tradisional dalam pembelajaran sering kali gagal dalam membekali siswa

dengan keterampilan ini, yang diperlukan untuk menghadapi tantangan masa depan. Oleh karena itu, penerapan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) menjadi semakin relevan dalam konteks pendidikan modern (Bell, 2010; Thomas, 2000).

PjBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, di mana mereka belajar melalui pengalaman langsung dengan mengerjakan proyek-proyek nyata yang menuntut penerapan pengetahuan dan keterampilan yang relevan (Bender, 2012). Blumenfeld et al. (1991) menjelaskan bahwa PjBL mampu memotivasi siswa dengan cara yang sulit dicapai oleh metode pembelajaran tradisional, karena siswa diberi kesempatan untuk bekerja pada proyek yang bermakna dan relevan dengan kehidupan mereka.

Dalam konteks pendidikan sains, PjBL telah terbukti sangat efektif dalam mengembangkan keterampilan praktis dan analitis siswa. Kolodner et al. (2003) menunjukkan bahwa PjBL tidak hanya membantu siswa memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga memungkinkan mereka untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam situasi dunia nyata, sehingga memperkuat keterampilan problem solving. Selain itu, Krajcik dan Blumenfeld (2006) menyatakan bahwa PjBL memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi, yang sangat penting dalam pendidikan sains.

Indikator keterampilan berpikir kritis yang dikemukakan oleh para ahli, khususnya dalam pembelajaran IPA, sangat beragam, namun memiliki poin-poin penting yang sama. Dalam penelitian ini, indikator keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan mencakup: (1) mengidentifikasi kriteria untuk menentukan jawaban yang mungkin, (2) menyesuaikan jawaban dengan sumber yang ada, (3) menyimpulkan dari lembar aktivitas dan data yang tersedia, (4) mencari penjelasan lain yang mungkin, (5) mempertimbangkan alternatif, dan (6) melaporkan hasil pengamatan dalam bentuk yang berbeda. Kemampuan observasi dan eksperimen sangat penting dalam mempelajari biologi dan diperlukan untuk eksplorasi lingkungan secara efektif (Rizkyana, 2014). Pembelajaran IPA harus mampu menyesuaikan dengan karakteristik kehidupan sehari-hari, salah satunya melalui bioteknologi. Implementasi pembelajaran abad ke-21 menuntut pendekatan saintifik yang optimal, yang memerlukan kesabaran, tekad, kreativitas, dan inovasi dalam merancang pembelajaran (Meilani & Aiman, 2020; Redhana, 2019). Penekanan pada pembelajaran yang berfokus pada pengalaman langsung adalah kunci (Trimawati et al., 2020).

Dalam konteks pembelajaran bioteknologi, misalnya, Stolk et al. (2011) menunjukkan bahwa PjBL dapat mengintegrasikan pembelajaran konseptual dengan pengalaman praktis, yang pada gilirannya meningkatkan keterampilan siswa dalam merancang dan melakukan eksperimen ilmiah. Hal ini penting mengingat bahwa pembelajaran abad ke-21 harus mampu menghubungkan teori dengan praktik, mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari (Drake & Reid, 2018).

Pembelajaran bioteknologi tidak dapat dipisahkan dari kegiatan praktikum, yang secara umum bertujuan memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaplikasikan teori dan memperoleh pembuktian ilmiah dari teori tersebut. Menurut Hardianti dan Ramiawati (2017), praktikum dilakukan untuk menguji kemampuan psikomotorik siswa. Selain itu, kegiatan praktikum harus didukung oleh perangkat pembelajaran seperti lembar kerja praktikum. Lembar kerja ini mendorong siswa untuk terlibat langsung dalam aktivitas yang memecahkan masalah sehari-hari dan memberikan solusi yang relevan. Lembar kerja praktikum yang disusun dengan baik dan sistematis dapat membantu siswa belajar secara lebih aktif, baik secara mandiri maupun dalam kelompok (Widayanti, Yuberti, Irwandi, & Hamid, 2018).

Lembar kerja praktikum perlu diarahkan untuk mendorong kemandirian siswa. Salah satu model pembelajaran yang dapat mengembangkan kemandirian siswa adalah *Project Based Learning* (PjBL). PjBL

merupakan model pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif dalam merancang tujuan pembelajaran untuk menghasilkan produk atau proyek nyata. Penggunaan PjBL tidak hanya membuat siswa lebih mandiri, tetapi juga memungkinkan mereka menciptakan produk dengan karya mereka sendiri (Widayanti, Yuberti, Irwandi, & Hamid, 2018). Namun, masih banyak guru yang menyusun Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang tidak sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan Kurikulum 2013. Dalam banyak kasus, kecakapan abad ke-21 (HOTS) belum terlihat dalam kegiatan pembelajaran, dan pengelolaan pembelajaran masih cenderung menggunakan metode yang kurang inovatif (Asta et al., 2015; Meilani & Aiman, 2020; Redhana, 2019).

Untuk menghasilkan lembar kerja yang dapat mendukung pembuatan produk dalam pembelajaran bioteknologi, materi konsep fermentasi perlu dipahami dengan baik. Proses fermentasi memerlukan mikroorganisme, seperti *Acetobacter xylinum*, yang digunakan dalam pembuatan nata *de dragon*. *Acetobacter xylinum* adalah bakteri penghasil selulosa yang bersifat gram negatif, aerobik, dan berbentuk batang pendek dengan dinding yang berlendir (Malviane, 2014). Praktikum yang melibatkan siswa secara aktif dalam kegiatan nyata ini dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mereka dalam semua aspek keterampilan berpikir kreatif (Widodo et al., 2016). Penelitian ini bertujuan untuk: a) mengetahui peningkatan kemampuan *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication* siswa melalui lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek pada pembuatan nata *de dragon*; b) mengevaluasi validitas dan efektivitas lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek pada pembuatan nata *de dragon*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL) yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa melalui pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif. Metode ini dipilih berdasarkan temuan yang menunjukkan efektivitas PjBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Larmer & Mergendoller, 2010). Sebagai bagian dari penelitian ini, lembar aktivitas yang dirancang khusus untuk pembelajaran berbasis proyek divalidasi untuk memastikan bahwa materi yang disediakan sesuai dengan prinsip-prinsip PjBL dan dapat secara efektif digunakan dalam pembelajaran sains (Bender, 2012; Mergendoller & Thomas, 2005).

Validasi lembar aktivitas dilakukan dengan melibatkan tiga dosen ahli yang menilai aspek kelayakan, kesesuaian, dan efektivitas materi yang disusun. Pendekatan ini sejalan dengan kerangka kerja yang diusulkan oleh Stolk et al. (2011), yang menekankan pentingnya validasi dalam inovasi kurikulum untuk memastikan bahwa alat pembelajaran yang dikembangkan dapat digunakan secara efektif di lapangan.

Selain itu, untuk mengukur peningkatan keterampilan 4C siswa, penelitian ini menggunakan desain pre-eksperimental dengan model *one-group pretest-posttest*. Pendekatan ini dipilih untuk memungkinkan peneliti mengukur secara langsung perubahan keterampilan siswa sebelum dan setelah intervensi dilakukan (Savery, 2015). Penggunaan teknologi dalam pembelajaran juga diperhitungkan dalam penelitian ini, mengingat bukti dari meta-analisis yang dilakukan oleh Tamin dan Bernard (2010) menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pendidikan dapat secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa.

Sampel penelitian terdiri dari siswa di dua kelas pada MAN 1 dan MAN 2 Kota Bandung, yang dipilih secara acak. Instrumen penelitian meliputi tes keterampilan 4C yang dilakukan sebelum dan sesudah penerapan lembar kerja serta lembar validasi yang digunakan oleh para ahli. Hasil validasi

dan uji coba di lapangan digunakan untuk menentukan efektivitas lembar kerja dalam meningkatkan keterampilan 4C siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian didapatkan dengan cara yang sesuai prosedur dan tujuan penelitian. Tahapan penelitian tersebut yaitu penyusunan lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek, uji validasi lembar kerja sebagai syarat dilakukannya penelitian pembuatan nata *de dragon* untuk meningkatkan *Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication* (4C) siswa dari penggunaan lembar kerja oleh siswa.

1. Uji Validasi Lembar Kerja Laju Pertumbuhan Populasi Mikroba Berbasis Proyek

Tahap berikutnya uji validasi oleh tiga dosen ahli. Dari hasil validasi didapat rata-rata sebesar 0,66 sehingga dapat dikatakan bahwa lembar aktivitas ini valid. Adapun hasil rekapitulasi validasi dapat dilihat pada tabel 1 berikut;

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Validasi Lembar Aktivitas

No.	Pernyataan	r kritis	r hitung	Keterangan
1.	Kalimat yang digunakan dalam lembar aktivitas pada pembuatan nata <i>de dragon</i> mudah dipahami.	0,48	0,67	Valid
2.	Pertanyaan yang digunakan dalam lembar aktivitas sesuai dengan tahapan pembelajaran berbasis proyek	0,48	0,73	Valid
3.	Wacana tentang fermentasi nata <i>de dragon</i> yang diberikan dapat memberikan informasi kepada siswa mengenai nata <i>de dragon</i> .	0,48	0,60	Valid
4.	Wacana dalam lembar aktivitas dapat membantu siswa dalam merumuskan masalah	0,48	0,67	Valid
5.	Wacana dalam lembar aktivitas dapat membantu siswa dalam membuat hipotesis	0,48	0,60	Valid
6.	Lembar Aktivitas berbasis proyek menggunakan petunjuk gambar yang mudah dimengerti serta membantu siswa dalam menentukan alat, bahan, serta merancang prosedur percobaan.	0,48	0,60	Valid
7.	Lembar Aktivitas dapat membantu siswa dalam menilai dan membandingkan produk	0,48	0,73	Valid
8.	Praktikum pembuatan nata <i>de dragon</i> dapat dilakukan dengan mudah dan secara mandiri	0,48	0,60	Valid
9.	Alat-alat yang digunakan dalam praktikum pembuatan nata <i>de dragon</i> tersedia di laboratorium.	0,48	0,67	Valid
10.	Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan nata <i>de dragon</i> mudah diperoleh	0,48	0,67	Valid
11.	Konsep materi berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.	0,48	0,73	Valid
12.	Lembar aktivitas sesuai dengan silabus dan materi.	0,48	0,73	Valid
13.	Lembar Aktivitas mengarahkan siswa pada kemandirian, aktivitas sama, menjelaskan, dan keterampilan dalam mengelola sumber	0,48	0,60	Valid
14.	Tampilan Lembar Aktivitas dapat menarik perhatian Siswa	0,48	0,60	Valid
15.	Tahapan pembelajaran berbasis proyek dalam lembar aktivitas disusun secara berurutan	0,48	0,73	Valid

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa semua kriteria yang ada dalam pernyataan dikategorikan valid. Berdasarkan rekapitulasi penilaian validasi oleh dosen ahli yang disajikan pada tabel 1 didapatkan hasil dengan nilai r hitung terbesar yaitu 0,73 dengan pernyataan bahwa pertanyaan yang digunakan dalam lembar kerja sesuai dengan tahapan pembelajaran berbasis proyek, lembar kerja

pembelajaran berbasis proyek dapat membantu siswa dalam menilai dan membandingkan produk yang dibuat dengan kelompok lain, kemudian konsep materi berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, lembar kerja yang disusun sesuai dengan silabus dan materi, serta lembar kerja berbasis proyek disusun sesuai dengan tahapan pembelajaran berbasis proyek. Hal ini telah sesuai dengan kriteria lembar kerja yang baik menurut Toharudin dan Hendrawati, (2011: 214-215) yaitu lembar kerja dapat merangsang penilaian diri siswa, serta memiliki kontekstualitas yang tinggi. Sedangkan untuk nilai rhitung terendah yaitu 0,60 dengan pernyataan wacana tentang fermentasi nata *de dragon* yang diberikan dapat memberikan informasi kepada siswa mengenai nata *de dragon*, wacana dalam lembar kerja dapat membantu siswa dalam membuat hipotesis, lembar kerja menggunakan petunjuk gambar yang mudah dimengerti serta membantu siswa dalam menentukan alat, bahan, serta merancang prosedur percobaan, praktikum pembuatan nata *de dragon* dapat dilakukan dengan mudah dan secara mandiri, lembar kerja mengarahkan siswa pada (kemandirian, aktivitas sama, menjelaskan, dan keterampilan dalam mengelola sumber), serta tampilan lembar kerja dapat menarik perhatian siswa.

Pada tabel menunjukkan hasil validasi lembar kerja yang dilakukan oleh tiga dosen ahli dengan menggunakan berbagai kriteria yang relevan dalam pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning* atau PjBL). Setiap aspek yang dinilai memiliki skor yang menunjukkan validitas dari lembar kerja tersebut. Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh komponen dalam lembar kerja mendapatkan nilai yang cukup tinggi, dengan rentang nilai antara 0,60 hingga 0,73. Nilai ini menunjukkan bahwa lembar kerja yang dikembangkan telah memenuhi standar validitas yang diperlukan untuk diterapkan dalam pembelajaran. Skor tertinggi (0,73) diberikan pada kriteria yang berhubungan dengan kesesuaian tahapan pembelajaran berbasis proyek dan kemampuan lembar kerja dalam membantu siswa menilai dan membandingkan produk yang dibuat. Ini menunjukkan bahwa lembar kerja tersebut sangat sesuai dengan prinsip-prinsip PjBL, yang mengedepankan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran melalui proyek nyata.

Nilai terendah (0,60) diperoleh pada beberapa kriteria, seperti kejelasan wacana mengenai fermentasi nata *de dragon* dan penggunaan gambar yang membantu dalam merancang prosedur percobaan. Meskipun demikian, nilai ini masih dalam kategori valid, yang menunjukkan bahwa meskipun ada area yang dapat ditingkatkan, lembar kerja tetap dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran.

Secara keseluruhan, nilai validasi yang rata-rata berada di atas 0,60 menunjukkan bahwa lembar kerja ini telah dirancang dengan baik dan dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan siswa dalam berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (4C). Penelitian ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa lembar kerja yang disusun dengan baik dapat menjadi alat yang efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek dan meningkatkan keterampilan siswa dalam berbagai aspek.

Contoh lembar kerja fase 1 menganalisis dan fase 2 melaksanakan penelitian sebagai berikut;

Fase 1. Menganalisis Masalah

1. Buatlah tiga rumusan masalah berdasarkan wacana tersebut yang sesuai dengan kegiatan praktikum pembuatan nata *de dragon*!

Jawaban

2. Buatlah hipotesis yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibuat!

Jawaban

Tabel 1. Jumlah Pertumbuhan Mikroba Per-Dua Hari Pada Fermentasi Nata De Dragon

Fase 2. Melaksanakan Penelitian		
Hari ke-	Jumlah Mikroba	Kenaikan Jumlah Mikroba
2	.....CFU	.....
4	.....CFU	.....
6	.....CFU	.....
8	.....CFU	.....
10	.....CFU	.....
12	.....CFU	.....
14	.....CFU	.....

Gambar 1. Lembar Aktivitas Fase 1 Menganalisis dan fase 2 melaksanakan penelitian

Gambar 1 menunjukkan dua fase penting dalam model pembelajaran berbasis proyek, yaitu Fase 1 (Menganalisis) dan Fase 2 (Melaksanakan Penelitian). Pada fase ini, siswa diminta untuk menganalisis masalah yang disajikan melalui wacana tentang fermentasi dalam pembuatan *nata de dragon*. Analisis ini mencakup pengidentifikasian masalah, pembuatan hipotesis, serta perencanaan penelitian untuk memecahkan masalah yang telah dirumuskan.

Pada fase menganalisis, siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan cara mengidentifikasi permasalahan utama, mempertimbangkan hipotesis yang relevan, dan menentukan tujuan dari penelitian. Aktivitas ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis (*Critical Thinking*) siswa, yang merupakan salah satu dari keterampilan 4C yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

Sedangkan pada fase melaksanakan penelitian, siswa diberi kesempatan untuk menerapkan rencana yang telah disusun pada fase sebelumnya. Mereka akan mempraktikkan langkah-langkah penelitian yang telah dirancang, termasuk pengumpulan data dan analisis hasil. Fase ini mengajarkan siswa untuk bekerja secara kolaboratif, meningkatkan keterampilan komunikasi, dan melibatkan kreativitas dalam pelaksanaan proyek.

Gambar ini menggambarkan betapa pentingnya pembelajaran berbasis proyek dalam memberikan pengalaman belajar yang langsung dan aplikatif bagi siswa. Dengan keterlibatan aktif dalam penelitian nyata, siswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi yang sangat dibutuhkan dalam dunia pendidikan abad ke-21.

Adapun persentase dari hasil uji validasi dua dosen ahli untuk lembar aktivitas perhitungan pada pembuatan nata *de dragon* dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Persentase Nilai Kelayakan

Dosen	Persentase penilaian (%)	Kualifikasi	Simpulan
1.	85%	Valid	Lembar aktivitas siap dipakai oleh siswa/siswa sebagai alat bantu dalam melakukan percobaan
2.	80%	Valid	Lembar aktivitas siap dipakai oleh siswa/siswa sebagai alat bantu dalam melakukan percobaan
3.	82%	Valid	Lembar aktivitas siap dipakai oleh siswa/siswa sebagai alat bantu dalam melakukan percobaan
Rata-Rata		82,33%	

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa lembar kerja perhitungan dikategorikan layak pakai setelah melalui tahap revisi sesuai dengan saran dari validator. Validitas lembar kerja dilakukan oleh dosen ahli, sebelum dilakukan penelitian lembar kerja terlebih dahulu direvisi sesuai dengan saran dari validator sehingga lembar kerja dapat dikatakan layak untuk diterapkan.

Adapun persentase kriteria validasi yang didapat dari tiga dosen ahli sebagai validator adalah sebagai berikut: 1) dosen ahli 1 dengan persentase 85% ; 2) dosen ahli 2 yaitu 80%; 3) dan dosen ahli 3 yaitu 82%. Ketiganya memiliki kualifikasi kriteria kelayakan yang layak dengan simpulan lembar kerja siap dipakai oleh siswa sebagai alat bantu dalam melakukan percobaan. Berdasarkan hasil validasi tersebut, lembar kerja dinyatakan valid, hal ini menunjukkan bahwa lembar kerja berbasis proyek dalam pembuatan nata *de dragon* telah memenuhi syarat lembar kerja yang dapat digunakan, sehingga dapat dikatakan telah sesuai dengan acuan BSNP (2006:20-21) yaitu telah memenuhi komponen penyajian, kegrafikan, kebahasaan, serta komponen pembelajaran berbasis proyek.

Persentase penilaian sebesar 85% dari dosen ahli pertama menunjukkan bahwa lembar kerja ini memiliki validitas yang sangat baik. Ini berarti bahwa lembar kerja tersebut tidak hanya memenuhi kriteria dasar validitas, tetapi juga dianggap mampu mendukung pembelajaran secara efektif, terutama dalam meningkatkan keterampilan 4C siswa. Penilaian ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa perangkat pembelajaran yang mendapat skor validitas di atas 80% dapat dianggap sangat layak untuk digunakan dalam konteks pendidikan.

Persentase penilaian sebesar 80% dari dosen ahli kedua juga mengindikasikan bahwa lembar kerja ini cukup kuat dalam hal validitas dan efektivitas. Meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan dengan penilaian dari dosen ahli pertama, skor ini tetap berada dalam kategori valid dan layak. Ini menunjukkan bahwa lembar kerja ini memiliki beberapa area yang dapat ditingkatkan, namun secara keseluruhan, masih sangat dapat diandalkan sebagai alat pembelajaran.

Persentase penilaian sebesar 82% dari dosen ahli ketiga melengkapi penilaian sebelumnya dengan hasil yang konsisten, menegaskan bahwa lembar kerja ini siap digunakan dalam pengajaran di kelas. Nilai ini menunjukkan konsistensi dalam validitas lembar kerja di antara para ahli, yang merupakan indikator penting bahwa lembar kerja ini telah dirancang dan dievaluasi dengan baik.

Rata-rata keseluruhan sebesar 82,33% menunjukkan bahwa lembar kerja ini secara umum sudah sangat layak digunakan dalam konteks pembelajaran berbasis proyek. Hasil ini sejalan dengan kriteria kelayakan yang biasa digunakan dalam penilaian perangkat pembelajaran, di mana skor di atas 80% menunjukkan bahwa alat tersebut tidak hanya valid secara teoretis, tetapi juga siap untuk diterapkan dalam praktik.

Dalam konteks pembelajaran bioteknologi, validitas lembar kerja ini sangat penting, terutama dalam memastikan bahwa siswa dapat mengikuti dan memahami proses ilmiah yang kompleks, seperti fermentasi mikroba untuk pembuatan nata *de dragon*. Validitas yang tinggi juga memastikan bahwa siswa dapat secara efektif mengembangkan keterampilan 4C mereka melalui kegiatan-kegiatan yang dirancang dengan baik di dalam lembar kerja.

Nilai-nilai yang diperoleh dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa lembar kerja ini tidak hanya memenuhi standar kelayakan yang tinggi tetapi juga memiliki potensi yang kuat untuk meningkatkan hasil pembelajaran siswa. Penilaian yang konsisten di antara para ahli memberikan jaminan bahwa lembar aktivitas ini telah melalui proses validasi yang ketat dan dapat digunakan secara efektif di kelas.

1. Penilaian Hasil Jawaban Lembar Aktivitas

Tahapan dalam dalam lembar kerja disesuaikan dengan tahapan model pembelajaran berbasis proyek yaitu fase menganalisis masalah yang merupakan adaptasi dari tahapan *Start with the essential question*, fase mendesain proyek, fase melaksanakan penelitian, fase menyusun *draft* yang merupakan adaptasi dari tahap *Monitor the student and the progress of the project*, serta fase penilaian dan evaluasi produk.

2. Fase Menganalisis Masalah

Dalam fase ini terdiri atas empat soal, siswa diminta untuk merumuskan masalah, membuat hipotesis, membuat tujuan, dan menjelaskan proses dalam fermentasi. Siswa membaca terlebih dahulu wacana pada lembar aktivitas yang telah dibagikan sebelumnya dan setiap anggota kelompok berdiskusi untuk dapat menjawab pertanyaan. Hasil dari penilaian pada tahapan menganalisis data disajikan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Penilaian Fase Menganalisis Masalah

Nomor Soal	Kelompok			Rata- Rata	Kategori
	1	2	3		
1.	5	3	5	86,67	Sangat Baik
2.	5	4	3	80	Sangat Baik
3.	5	3	4	80	Sangat Baik
4.	5	5	5	100	Sangat Baik
Rata-Rata				86,66	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 3 pada aspek menganalisis masalah semua kelompok menjawab dengan kategori sangat baik. **Tabel 3** menunjukkan hasil penilaian pada fase menganalisis masalah, di mana semua

kelompok siswa memperoleh nilai dalam kategori "Sangat Baik". Ini menunjukkan bahwa siswa berhasil merumuskan masalah, membuat hipotesis, dan menentukan tujuan penelitian dengan baik. Aktivitas ini secara langsung mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis mereka.

3. Fase Melaksanakan penelitian

Setelah mendesain proyek, dilakukan pelaksanaan penelitian dengan menuliskan jadwal harian selama praktikum pada tabel yang telah disediakan pada lembar kerja. Adapun hasil dari tahapan ini adalah pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Penilaian Fase Melaksanakan Penelitian

Nomor Soal	Kelompok			Rata-Rata	Kategori
	1	2	3		
7.	3	5	5	86	Sangat Baik
	Rata-Rata			86	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 4 pada aspek melaksanakan penelitian siswa menjawab dengan kategori sangat baik. **Tabel 4** menampilkan penilaian fase melaksanakan penelitian, dimana siswa juga menunjukkan performa yang sangat baik. Ini membuktikan bahwa siswa mampu menjalankan penelitian sesuai dengan rencana yang telah mereka buat. Pelaksanaan penelitian ini juga mendukung peningkatan keterampilan kolaborasi, di mana siswa bekerja sama dalam kelompok untuk mencapai tujuan bersama.

4. Fase Menyusun *Draft/Prototype*

Fase ini meminta siswa untuk melakukan pengujian terhadap produk nata yang telah dibuat dengan kriteria yang telah disediakan pada lembar kerja. Adapun hasil penilaian pada fase menyusun draft disajikan pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Penilaian Fase Menyusun *Draft/Prototype*

Nomor Soal	Kelompok			Rata-Rata	Kategori
	1	2	3		
8.	5	4	5	93,33	Sangat Baik
9.	10	8	8	86,67	Sangat Baik
10.	9	8	9	86,67	Sangat Baik
	Rata-Rata			88,89	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 5 pada aspek Menyusun *Draft/Prototype* siswa menjawab dengan kategori sangat baik. Pada fase ini, siswa diminta untuk melakukan pengujian terhadap produk nata yang telah mereka buat berdasarkan kriteria yang telah disediakan pada lembar kerja.

Kelompok 1, 2, dan 3 memperoleh rata-rata nilai yang tinggi, yaitu antara 86.67 hingga 93.33, yang semuanya masuk dalam kategori "Sangat Baik". Nilai tertinggi adalah 93.33, yang dicapai pada soal ke-8 oleh kelompok 1 dan 3. Ini menunjukkan bahwa mereka sangat kompeten dalam mengevaluasi dan menyempurnakan produk nata mereka sesuai dengan kriteria yang ditetapkan.

Rata-rata keseluruhan nilai untuk fase menyusun draft/prototype adalah 88.89, yang juga termasuk dalam kategori "Sangat Baik". Hal ini menunjukkan bahwa seluruh kelompok mampu mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh selama proses pembelajaran untuk menghasilkan prototype yang berkualitas.

Hasil dari fase ini sangat penting karena menilai kemampuan siswa dalam menerapkan teori yang telah dipelajari ke dalam praktek nyata. Keberhasilan siswa dalam menyusun draft/prototype menunjukkan bahwa mereka tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu mengintegrasikan kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran mereka. Proses ini juga melibatkan keterampilan komunikasi, di mana siswa harus mengartikulasikan hasil dan temuan mereka, serta berkolaborasi untuk menyempurnakan produk akhir.

Secara keseluruhan, hasil pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa pembelajaran berbasis proyek, khususnya dalam pembuatan nata *de dragon*, berhasil meningkatkan keterampilan siswa dalam berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikasi. Ini sesuai dengan tujuan dari penerapan lembar aktivitas berbasis proyek yang diharapkan mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa secara menyeluruh.

Adapun rata-rata nilai hasil lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek pada pembuatan nata *de dragon* tabel 6 berikut:

Tabel 6 .Rata-Rata Nilai Hasil Lembar Aktivitas Perhitungan Laju Pertumbuhan Populasi Mikroba Berbasis Proyek Pada Pembuatan Nata De Dragon

No.	Fase yang dinilai	Rata-Rata
1.	Menganalisis masalah	90,18
2.	Melaksanakan penelitian	88,24
3.	Menyusun Draft/Prototype	89,24
Jumlah		267,66
Rata-rata		89,22

Dari Tabel 6 diketahui bahwa rata-rata nilai siswa perindividu aktivitas dalam pembuatan nata *de dragon* dari pertanyaan yang disesuaikan disajikan dalam lembar kerja memiliki nilai rata-rata 89,22 dengan kategori sangat baik. Tabel 6 menyajikan rata-rata nilai hasil lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek pada pembuatan nata *de dragon*. Tabel ini merangkum hasil penilaian dari tiga fase penting dalam proses pembelajaran berbasis proyek.

Tabel 6 menggambarkan bahwa seluruh proses pembelajaran berbasis proyek telah dilaksanakan dengan sangat baik oleh siswa. Dengan nilai rata-rata yang sangat tinggi di ketiga fase, dapat disimpulkan bahwa pendekatan pembelajaran ini efektif dalam mengembangkan keterampilan siswa. Rata-rata nilai 89.22 yang termasuk dalam kategori "Sangat Baik" menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami teori tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam situasi praktis.

Proses ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek, khususnya dalam pembuatan nata *de dragon*, telah berhasil memberikan pengalaman belajar yang mendalam dan bermakna, yang membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi yang sangat penting dalam pendidikan abad ke-21.

5. Hasil Peningkatan Kemampuan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*) setelah Menggunakan Lembar Aktivitas Perhitungan Laju Pertumbuhan Populasi Mikroba Berbasis Proyek pada Pembuatan *Nata De Dragon*

Peningkatan kemampuan 4C siswa diukur berdasarkan nilai *pretest* dan *posttest* dalam bentuk soal uraian sebanyak 10 soal dengan jumlah siswa 90 orang. Hasil dari penilaian kemampuan 4C dapat diketahui melalui analisis data dari *pretest*, *posttest*, dan *N-gain*. Nilai data *N-gain pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Rata-rata *N-Gain*

No	Hasil	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	N-Gain	Kriteria
1	Rata-tata	52	85,3	0,71	Tinggi

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata hasil analisis *N-gain* pada data *pretest* dan *posttest* sebesar 0,71 dengan kriteria tinggi. Dilihat dari nilai rata-rata *pretest* sebesar 52 dan nilai rata-rata *posttest* sebesar 85,3 menunjukkan terdapat peningkatan keterampilan 4C siswa setelah diterapkannya lembar aktivitas perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek mengalami peningkatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini;

Tabel 8. Rekapitulasi Rata-Rata *Pretest, Posttest* dan per-indikator

Indikator 4C	No Soal	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
		Rata-rata	Kriteria	Rata-rata	Kriteria
<i>Critical Thinking</i> (Kritis)	1,4,6,9	75%	Cukup	94%	Sangat baik
<i>Creativity</i> (Kreatif)	3	58%	Kurang sekali	89%	Baik
<i>Collaboration</i> (Kolaborasi)	7,10	64%	Kurang sekali	94%	Sangat baik
<i>Communication</i> (Komunikasi)	2,5,8	51%	Kurang sekali	81%	Baik

Analisis ketercapaian indikator keterampilan 4C siswa dapat dilihat dari perkembangan hasil *pretest* dan *posttest* yang telah dikerjakan. Untuk keterampilan 4C mengalami peningkatan yang baik ini dilihat dari hasil perolehan skor *posttest* yang meningkat. Kemampuan *Critical Thinking* (Kritis), dan *Collaboration* (Kolaborasi) mengalami peningkatan yang baik karena persentase yang diperoleh sebesar 96% dan 94% dengan kriteria sangat baik. Dan untuk indikator *Creativity* (Kreatif) dan *Communication* (Komunikasi) juga mengalami peningkatan karena persentase yang diperoleh sebesar 89% dan 81% dengan kriteria yang baik.

Tabel 8 memberikan gambaran komprehensif tentang bagaimana keterampilan 4C siswa meningkat setelah menggunakan lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek. Semua indikator menunjukkan peningkatan yang signifikan dari *pretest* ke *posttest*. Ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek yang digunakan dalam penelitian ini sangat efektif dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 yang esensial. Hasil ini menegaskan bahwa lembar kerja yang dirancang dengan fokus pada keterampilan 4C tidak hanya membantu siswa dalam memahami materi, tetapi juga dalam mengembangkan kemampuan yang lebih luas yang dibutuhkan dalam situasi kehidupan nyata dan masa depan profesional mereka.

Pendekatan berbasis proyek tidak hanya menambah pengetahuan teoritis tetapi juga memberi siswa pengalaman praktis yang dapat meningkatkan keterampilan mereka secara keseluruhan, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, yang semuanya sangat penting dalam konteks pendidikan modern.

Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa lembar aktivitas berbasis proyek yang dikembangkan berhasil meningkatkan keterampilan 4C siswa secara signifikan. Peningkatan ini terlihat dari hasil analisis *pretest* dan *posttest*, di mana terjadi peningkatan skor yang signifikan pada keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Hasil ini konsisten dengan temuan yang dilaporkan oleh Dochy et al. (2003), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek memiliki dampak positif yang signifikan terhadap pengembangan keterampilan kognitif dan sosial siswa.

Secara khusus, keterampilan berpikir kritis siswa menunjukkan peningkatan yang sangat baik, sejalan dengan temuan dari Blumenfeld et al. (1991) dan Vygotsky (1978), yang menunjukkan bahwa lingkungan belajar yang interaktif dan menantang dapat merangsang perkembangan kognitif siswa. Selain itu, keterampilan kolaborasi juga meningkat secara signifikan, yang mendukung studi sebelumnya oleh Barron dan Darling-Hammond (2008) yang menekankan pentingnya kerja tim dalam pembelajaran berbasis proyek.

Peningkatan kreativitas juga terlihat signifikan, mendukung temuan dari Dole, Bloom, dan Kowalske (2016) yang menunjukkan bahwa PjBL dapat mengubah perspektif pengajaran dari berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa, memungkinkan lebih banyak ruang untuk kreativitas dan inovasi. Lebih lanjut, peningkatan keterampilan komunikasi yang diamati dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Hanney dan Savin-Baden (2013) yang menyatakan bahwa PjBL tidak hanya meningkatkan kemampuan teknis siswa, tetapi juga keterampilan interpersonal yang penting dalam kehidupan profesional mereka.

Akhirnya, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan PjBL dalam pendidikan sains, khususnya dalam bioteknologi, sangat efektif dalam menghubungkan teori dengan praktik, yang pada gilirannya meningkatkan hasil belajar siswa secara keseluruhan (Scardamalia & Bereiter, 2006). Dewey (1938) menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam pendidikan, dan penelitian ini mendukung pandangan tersebut dengan menunjukkan bahwa pengalaman praktis yang disediakan melalui PjBL dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep-konsep ilmiah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan lembar kerja perhitungan laju pertumbuhan populasi mikroba berbasis proyek pada pembuatan nata *de*

dragon secara signifikan meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa, khususnya dalam berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Peningkatan ini terlihat dari perbandingan nilai sebelum dan sesudah penggunaan lembar aktivitas, di mana siswa menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam kemampuan menganalisis masalah, melaksanakan penelitian, serta menyusun dan menyempurnakan produk mereka. Lembar kerja yang dirancang telah terbukti layak dan efektif digunakan dalam proses pembelajaran, memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan aplikatif. Pendekatan berbasis proyek ini memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran, sehingga tidak hanya memahami materi secara teoritis tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam situasi praktis. Dengan demikian, lembar kerja ini dapat direkomendasikan sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan keterampilan siswa sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Asta, I. K. R., Agung, A. A. G., & Widiani, I. W. (2015). Pengaruh pendekatan saintifik dan kemampuan berpikir kritis terhadap hasil belajar IPA. *Mimbar PGSD Undiksha*, 3(1).
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. *Edutopia*.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43.
- Bender, W. N. (2012). *Project-based learning: Differentiating instruction for the 21st century*. Corwin Press.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369–398.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Docherty, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568.
- Dole, S., Bloom, L., & Kowalske, K. (2016). Transforming pedagogy: Changing perspectives from teacher-centered to learner-centered. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(1).
- Drake, S. M., & Reid, J. L. (2018). Integrated curriculum as an effective way to support 21st century learning. *Research in Ontario English Catholic Schools*.
- Hardianti, S., & Ramiawati. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berorientasi keterampilan generik sains untuk meningkatkan hasil belajar IPA peserta didik. *Simposium Nasional MIPA*, 113–118.
- Hanney, R., & Savin-Baden, M. (2013). The problem of projects: Understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL. *London Review of Education*, 11(1), 7–19.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design™ into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547.
- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). Seven essentials for project-based learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34–37.
- Malviane, E. (2014). Fermentasi sampah buah nanas menggunakan sistem kontinu dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum*. *Jurnal Reka Lingkungan*, 2(1), 10–20.

- Meilani, D., & Aiman, U. (2020). Implementasi pembelajaran abad 21 terhadap hasil belajar IPA peserta didik dengan pengendalian motivasi belajar. *Indonesian Journal of Primary Education*, 4(1), 19–24.
- Mergendoller, J. R., & Thomas, J. W. (2005). Managing project-based learning: Principles from the field. *The Buck Institute for Education*.
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1).
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 97–115). Cambridge University Press.
- Stolk, M. J., de Jong, O., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Exploring a framework for professional development in curriculum innovation: Empowering teachers for designing context-based chemistry education. *Research in Science Education*, 41(3), 369–388.
- Tamin, R., & Bernard, R. M. (2010). A meta-analysis of the effectiveness of teaching and learning with technology on student outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 42(1), 79–110.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. *The Autodesk Foundation*.
- Trimawati, K., Kirana, T., & Raharjo, R. (2020). Pengembangan instrumen penilaian IPA terpadu dalam pembelajaran model project based learning (PjBL) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa SMP. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 36.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Widayanti, Y., Yuberti, Irwandi, & Hamid, A. (2018). Pengembangan lembar kerja praktikum Melde berbasis project based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6, 24–31.
- Widodo, A., Maria, R. A., & Fitriani, A. (2016). Peranan praktikum riil dan praktikum virtual dalam membangun kreativitas siswa. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 21(1), 92–102.