

PENGEMBANGAN E-LKPD MATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL SMA KELAS X MELALUI KAJIAN PEMBUATAN TEMPE BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)

Hanny Melyana Oktavia Hutabarat^{1*}, Imam Mahadi², Wan Syafii³

^{1*,2,3}Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Riau

^{1*}hanny.melyana2102@student.unri.ac.id, ²imam.mahadi@lecturer.unri.ac.id,

³wan.syafii@lecturer.unri.ac.id

Abstract

*Tempe is one of the popular food products in Indonesia made from soybeans. However, most soybean production is still imported. To overcome this, durian seeds replace soybeans in making tempeh, because durian seeds contain high protein but are still minimally used. This study aims to utilize durian seeds (*Durio zibethinus*) as an alternative ingredient for making tempe and to analyze the effect of boiling time on tempe quality. In addition, this study also aims to produce an E-LKPD design based on the results of the study as Conventional Biotechnology material for grade X SMA to increase student interest and motivation to learn. The research method used was a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) experiment with five boiling time treatments (0, 30, 40, 50, and 60 minutes) and three replications. The results of organoleptic and hedonic tests showed that durian seed tempe with the best results was in the 60-minute boiling treatment with the category of compact solid texture, clean white color, distinctive tempeh aroma, and very savory taste. So that it gets the category of tempeh very much liked by the panelists. and the highest level of panelist preference is very much liked. Furthermore, the development of E-LKPD uses the ADDIE model (analysis, design, and development stages). The results of this study indicate that the E-LKPD product that has been developed is feasible for use in conventional biotechnology learning in class X of high school.*

Keywords: Boiling Time; Conventional Biotechnology; Durian Seeds; E-LKPD; Tempe.

Abstrak

Tempe merupakan salah satu produk pangan populer di Indonesia yang berbahan dasar kedelai. Namun produksi pemenuhan kebutuhan kedelai sebagian besar diperoleh secara impor. Untuk mengatasi hal tersebut, biji durian berpotensi sebagai pengganti kedelai dalam pembuatan tempe, karena biji durian mengandung protein tinggi namun masih minim pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan biji durian (*Durio zibethinus*) sebagai bahan alternatif pembuatan tempe dan menganalisis pengaruh lama perebusan terhadap kualitas tempe. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghasilkan rancangan E-LKPD berdasarkan hasil penelitian sebagai bahan materi Bioteknologi Konvensional kelas X SMA guna meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa. Metode

Article History

Received: May 2025

Reviewed: May 2025

Published: May 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI: Prefix DOI:

10.8734/SINDORO.v1i2.365

Copyright: Author

Publish by: SINDORO



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

penelitian terdiri dari eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan lima perlakuan lama perebusan (0, 30, 40, 50, dan 60 menit) dan tiga ulangan. Hasil uji organoleptik dan hedonik menunjukkan bahwa tempe biji durian dengan hasil terbaik yaitu pada perlakuan perebusan 60 menit dengan kategori bertekstur padat kompak, warna putih bersih, beraroma khas tempe, dan memiliki rasa sangat gurih. Sehingga mendapatkan kategori tempe yang sangat disukai oleh panelis dan tingkat kesukaan panelis tertinggi yaitu sangat suka. Selanjutnya pengembangan E-LKPD menggunakan model ADDIE (analisis, desain, dan pengembangan). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produk E-LKPD yang telah dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran bioteknologi konvensional di kelas X SMA.

Kata kunci: Biji Durian; Bioteknologi Konvensional; E-LKPD; Lama Perebusan; Tempe.

PENDAHULUAN

Kurikulum Merdeka pada saat ini menuntut proses pembelajaran harus bersifat kontekstual, pembelajaran kontekstual merupakan cara belajar yang mengaitkan antara materi pelajaran dengan pengalaman nyata siswa (Rahmayani dkk., 2015). Fakta Empiris dari hasil penelitian Nuryana, A. (2021) menyatakan bahwa pendekatan kontekstual lebih bermakna dan mudah dipahami karena peserta didik secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran sedangkan pembelajaran tradisional memiliki kelemahan dimana pembelajaran kurang bermakna karena peserta didik hanya menerima dan mendengarkan penjelasan guru secara ilustrasi.

Dalam kegiatan pembelajaran tersebut dibutuhkan bahan ajar yang dapat menarik minat peserta didik untuk dapat meningkatkan motivasi belajar dari siswa. salah satu bahan ajar. Bahan ajar merupakan segala bentuk informasi berupa alat maupun teks yang disusun secara sistematis yang digunakan siswa dalam proses pembelajaran. Salah satu bentuk bahan ajar yang tepat digunakan dalam kegiatan praktikum adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Prastowo (2014) menyatakan bahwa LKPD merupakan sebuah lembaran yang wajib dikerjakan oleh siswa yang sifatnya teori ataupun praktik yang memuat bahasan, rangkuman, dan cara pengerjaan tugas pembelajaran.

Di era modern abad 21, dalam dunia pendidikan memiliki kewajiban dalam meningkatkan keterampilan untuk belajar dan berinovasi, berbasis teknologi (Firtsianta & Khofifah, 2022). Oleh karena itu pemanfaatan teknologi sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan siswa modern dalam menghadapi pembelajaran abad 21, salah satunya adalah E-LKPD sebagai sumber belajar. Dalam pembuatan E-LKPD berbantuan dengan aplikasi *Liveworksheet*. Aplikasi ini memungkinkan pendidik mengubah lembar kerja tradisional yang dapat dicetak (dokumen, pdf, jpg) menjadi latihan *online* yang interaktif sekaligus otomatis mengoreksi.

Kegiatan praktikum merupakan salah satu strategi pembelajaran yang dapat menarik minat peserta didik dalam memahami materi pelajaran, karena praktikum dapat memberikan pengalaman nyata kepada peserta didik sehingga peserta didik dapat memahami konsep materi (Jannah, dkk., 2024). Kurangnya variasi praktikum dan media pembelajaran pada materi bioteknologi konvensional menyebabkan rendahnya minat dan motivasi belajar siswa. Selama itu, praktikum yang dilakukan seringkali hanya berputar pada pembuatan tape dan yoghurt, bahkan saat pandemi COVID-19 pembelajaran lebih banyak menggunakan metode ceramah tanpa praktikum. Variasi praktikum sangat penting untuk meningkatkan minat dan

rasa ingin tahu siswa dalam mempelajari bioteknologi konvensional. Salah satu variasi praktikum yang dapat menjadi solusi ialah pembuatan tempe dari biji durian (*Durio zibethinus*) karena merupakan pemanfaatan buah lokal yang dekat dengan lingkungan peserta didik sehingga diharapkan peserta didik lebih tertarik dan antusias dalam proses pembelajaran materi bioteknologi konvensional.

Tempe merupakan salah satu produk pangan populer di Indonesia yang diolah melalui teknik fermentasi dengan mikroorganisme *Rhizopus oligosporus* berbahan baku biji-bijian (El Romadhon, 2018). Namun produksi kedelai dalam negeri tidak mampu memenuhi kebutuhan, dengan pasokan dalam negeri hanya memenuhi kurang dari 20%, sementara lebih dari 80% dipenuhi melalui impor (Suprianto & Prayogo, 2018). Untuk mengurangi penggunaan kedelai, perlu dikembangkan pembuatan tempe dengan bahan alternatif, mendukung salah satu program pemerintah tentang diversifikasi pangan dalam Undang-Undang RI No. 18 Tahun 2012 untuk meningkatkan ketahanan pangan masyarakat.

Diversifikasi pangan adalah penganeekaragaman bahan pangan untuk mengurangi ketergantungan pada satu jenis pangan (Hardono, 2014). Berdasarkan kajian ilmiah, biji durian berpotensi sebagai pengganti kedelai dalam pembuatan tempe. Biji durian mengandung protein tinggi namun masih minim pemanfaatannya (Amin dkk., 2022). Dalam 100 gram biji durian terkandung 2.5 gram protein, 28.3 gram karbohidrat, 2.3 gram lemak, dan 1.4 gram serat (Arlisha, 2014). Biji durian memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap, terutama protein, menjadikannya berpotensi sebagai bahan baku tempe. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengolah biji durian menjadi tempe sebagai bahan alternatif. Salah satu tahap dalam pembuatan tempe adalah perebusan biji karena sangat memengaruhi karakteristik akhir biji. Penelitian ini akan menguji pengaruh lama perebusan yang mempengaruhi kualitas tempe dan mengetahui waktu perebusan terbaik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan kearifan lokal buah biji durian (*Durio zibethinus*) yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi untuk diolah menjadi tempe. Pembuatan tempe dari biji durian dalam penelitian ini merupakan inovasi praktikum dalam pembelajaran di sekolah pada materi bioteknologi konvensional, karena proses pembuatannya menggunakan prinsip fermentasi, dan hasil penelitian ini dikembangkan menjadi E-LKPD sebagai alternatif sumber belajar untuk peserta didik kelas X SMA pada materi bioteknologi konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian terdiri dari tahapan penelitian eksperimen dan rancangan E-LKPD yang dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau. Waktu penelitian yaitu pada bulan Januari - Maret 2025. Metode pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Total perlakuan yang diperoleh adalah sebanyak 5 perlakuan dan 3 ulangan. Adapun parameter yang diamati pada penelitian ini adalah uji organoleptik dan hedonik yang terdiri dari aspek penilaian berupa tekstur, warna, aroma, dan rasa. Potensi hasil penelitian ini dijadikan sebagai rancangan E-LKPD yang menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, dan Implementation*) namun pada penelitian ini hanya dilakukan hingga pada tahapan *Develepment*.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik mengacu pada skala uji yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Uji Organoleptik

Aspek penilaian	Skor	Kriteria
Tekstur	5	Padat kompak dan jumlah miselium sangat rapat
	4	Agak kompak dan jumlah miselium sedikit rapat
	3	Agak rapuh dan jumlah miselium sangat rapat
	2	Rapuh dan jumlah miselium sedikit rapat
	1	Rapuh berair dan jumlah miselium sedikit rapat
Warna	5	Putih bersih
	4	Putih keabu-abuan
	3	Abu-abu
	2	Agak hitam
	1	Hitam
Aroma	5	Beraroma khas tempe
	4	Beraroma kurang khas tempe namun tidak terlalu tajam
	3	Beraroma tidak khas tempe dan aroma mulai tajam
	2	Beraroma agak busuk
	1	Beraroma busuk
Rasa	5	Sangat Gurih
	4	Gurih
	3	Agak Gurih
	2	Tidak gurih
	1	Pahit

Sumber: Radiati (2016)

Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan perlakuan, dan apabila terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Data hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel berdasarkan pada hasil parameter yang diukur.

Uji Hedonik

Uji Hedonik mengacu pada skala uji yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala Penilaian Uji Hedonik

Skor	Kriteria
1	Tidak suka
2	Agak suka
3	Suka
4	Sangat suka

Sumber: Muliana (2017)

Skala hedonik yang digunakan di transformasikan menjadi skala numerik mulai dari angka terendah hingga angka tertinggi, tidak suka hingga sangat suka. Hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan tingkat kesukaan antar berbagai perlakuan yang telah diberikan. Hasil penelitian ini kemudian akan diintegrasikan menjadi Lembar Kerja Peserta Didik berbasis Elektronik (E-LKPD) yang dilakukan dengan melalui beberapa tahapan. Adapun tahapan yang akan dilakukan mulai dari tahapan *analysis*, *design* dan *development*. Pada tahap analisis dilakukan analisis kurikulum dan analisis materi pembelajaran. Kemudian akan dilakukan tahap desain dan pengembangan oleh validator. Pada tahap desain rancangan E-LKPD pada penelitian ini disesuaikan dengan hasil modifikasi dari Sahadah & Yuliani (2024) yang di dalamnya berisi judul, identitas, petunjuk, tujuan pembelajaran, wacana, sumber belajar, alat dan bahan, prosedur kegiatan, hasil kegiatan, pertanyaan dan tugas, serta penutup (kesimpulan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Organoleptik

Uji organoleptik disebut dengan pengujian secara suatu bahan dengan menggunakan panca indra manusia, dapat juga untuk menilai karakteristik mutu dan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat cita rasa suatu bahan. Pengujian organoleptik yang meliputi uji deskriptif dan uji hedonik dilakukan pada 10 panelis. Uji deskriptif yaitu pengujian terhadap tekstur, aroma, warna, dan rasa terhadap tempe yang dihasilkan.

A. Organoleptik Tekstur

Hasil uji organoleptik terhadap tekstur dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Organoleptik berdasarkan Tekstur

Kode Sampel	Perlakuan	Rata-rata	Kriteria
K0 (Kontrol)	Perebusan 0 menit	1.0	Rapuh berair dan jumlah miselium sedikit rapat
K1	Perebusan 30 menit	3.37	Agak rapuh dan jumlah miselium sangat rapat
K2	Perebusan 40 menit	3.53	Agak rapuh dan jumlah miselium sangat rapat
K3	Perebusan 50 menit	3.73	Agak kompak dan jumlah miselium sedikit rapat
K4	Perebusan 60 menit	4.46	Padat kompak dan jumlah miselium sangat rapat

Berdasarkan tabel 3 diatas menunjukkan rerata hasil organoleptik tekstur terhadap semua perlakuan yaitu K0 (kontrol) mendapati rerata 1.0 dengan tekstur tempe rapuh berair ditandai dengan tempe tidak berhasil terbentuk dan mengakibatkan pembusukan pada biji durian setelah proses fermentasi. Selanjutnya perlakuan K1 (perebusan 30 menit) mendapati rerata 3.37 dan K2 (perebusan 40 menit) mendapati rerata 3.53 dengan tekstur sama yaitu agak rapuh dan jumlah miselium sangat rapat. Pada perlakuan K3 (perebusan 50 menit) mendapati rerata 3.73 dengan tekstur agak kompak dan jumlah miselium sedikit rapat. Terakhir perlakuan K4 (perebusan 60 menit) mendapati rerata 4.46 dengan tekstur bersifat padat kompak dan jumlah miselium sangat rapat ini merupakan nilai tertinggi dari semua perlakuan.

Dari tabel 3 dan gambar diatas perlakuan K4 menghasilkan tekstur tempe terbaik dengan rerata 4.46 memiliki kategori padat kompak, miselium sangat rapat, diikuti K3 rerata 3.73 dengan kriteria agak kompak. Keduanya memiliki waktu perebusan terlama,

menghasilkan biji empuk sehingga hifa kapang tumbuh optimal dan merata, membentuk tempe yang padat. Penurunan kualitas terlihat pada K2 rerata 3.53 dan K1 rerata 3.37 dengan tekstur agak rapuh, akibat waktu perebusan yang lebih singkat, menghasilkan biji kurang empuk dan pertumbuhan miselium tidak merata. Perlakuan K0 (kontrol) menunjukkan hasil terendah dengan rerata 1.0 memiliki kategori tekstur rapuh, berair, dan pertumbuhan miselium minim karena biji tidak direbus. Hal ini mengakibatkan fermentasi tidak sempurna menyebabkan biji membusuk berwarna kehitaman dan kurang disukai panelis.

B. Organoleptik Warna

Hasil uji organoleptik terhadap warna dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Organoleptik berdasarkan Warna

Kode Sampel	Perlakuan	Rata-rata	Kriteria
K0 (Kontrol)	Perebusan 0 Menit	1.0	Hitam
K1	Perebusan 30 Menit	4.33	Putih keabu-abuan
K2	Perebusan 40 Menit	4.47	Putih keabu-abuan
K3	Perebusan 50 Menit	4.60	Putih bersih
K4	Perebusan 60 Menit	4.73	Putih bersih

Hasil organoleptik warna pada tabel 4 menunjukkan pada perlakuan K0 (kontrol) mendapati rerata 1.0 dengan sifat hitam ditandai dengan pembusukan pada biji durian yang tidak ditumbuhi oleh miselium jamur. Perlakuan K1 dengan rerata 4.33 dan K2 dengan rerata 4.47 memiliki karakteristik warna tempe yang sama yaitu putih keabu-abuan. Selanjutnya pada perlakuan K3 dengan rerata 4.60 dan K4 dengan rerata 4.73 juga memiliki karakteristik warna tempe yang sama yaitu putih bersih. Perlakuan K4 (rerata 4.73) dan K3 (rerata 4.60) menghasilkan warna tempe terbaik, yaitu putih bersih. Hal ini disebabkan oleh lamanya perebusan yang membuat biji empuk, memungkinkan hifa tumbuh merata selama fermentasi. Menurut Mulyatiningsih (2007), warna putih bersih terbentuk karena miselium rapat yang mengandung banyak spora *Rhizopus oligosporus*.

Perlakuan K2 (rerata 4.47) dan K1 (rerata 4.33) menunjukkan warna putih keabu-abuan, masih tergolong baik namun fermentasi kurang merata akibat perebusan yang lebih singkat, sehingga bagian dalam biji tetap kekuningan. Perlakuan K0 (rerata 1.0) menunjukkan warna hitam karena perlakuan tanpa perebusan, hifa tidak mampu menembus biji yang keras, menyebabkan fermentasi gagal dan tempe membusuk. Warna miselium sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan hifa yang optimal, yang bergantung pada tekstur biji durian hasil perebusan. Tekstur empuk mempercepat pertumbuhan hifa yang membentuk miselium padat, menghasilkan warna putih bersih (Nurrahman dkk., 2012).

C. Organoleptik Aroma

Hasil uji organoleptik terhadap aroma dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Organoleptik berdasarkan Aroma

Kode Sampel	Perlakuan	Rata-rata	Kriteria
K0 (Kontrol)	Perebusan 0 Menit	1.8	Beraroma agak busuk
K1	Perebusan 30 Menit	3.53	Beraroma tidak khas tempe dan aroma mulai tajam
K2	Perebusan 40 Menit	3.76	Beraroma kurang khas tempe namun tidak terlalu tajam
K3	Perebusan 50 Menit	4.56	Beraroma khas tempe
K4	Perebusan 60 Menit	4.70	Beraroma khas tempe

Berdasarkan tabel 5 terdapat perbedaan hasil organoleptik aroma tempe yang dihasilkan pada setiap perlakuan. Perlakuan K0 (kontrol) mendapati rerata 1.8 dengan kriteria beraroma agak busuk ditandai tempe tidak berhasil terbentuk setelah proses fermentasi dan perlakuan ini merupakan nilai terendah dari semua perlakuan. Selanjutnya perlakuan K1 dengan rerata 3.53 memiliki aroma tidak khas tempe, K2 dengan rerata 3.76 memiliki aroma kurang khas tempe namun tidak terlalu tajam. Perlakuan K3 dengan rerata 4.56 dan K4 dengan rerata 4.70 memiliki sifat aroma yang sama yaitu beraroma khas tempe. Perlakuan K4 memperoleh skor aroma tertinggi (rerata 4.70) dan perlakuan K3 (rerata 4.56), dengan kategori aroma khas tempe. Hal ini disebabkan oleh lamanya perebusan yang membuat biji empuk, memungkinkan pertumbuhan kapang dan miselium yang sempurna, sehingga menghasilkan senyawa volatil penyusun aroma tempe (Astawan, dkk., 2013).

Sedangkan perlakuan K2 (rerata 3.76) dan K1 (rerata 3.53) menunjukkan penurunan aroma, karena waktu perebusan lebih singkat menyebabkan fermentasi kurang optimal dan muncul bau langu sehingga menghasilkan kategori beraroma kurang khas tempe namun tidak terlalu tajam. Perlakuan K0 (rerata 1.8) beraroma agak busuk akibat kegagalan fermentasi karena biji tidak direbus, sehingga jamur tidak tumbuh dengan baik. Proses fermentasi mengubah karbohidrat menjadi senyawa aroma khas tempe. Semakin lama fermentasi, aroma khas semakin tajam karena pembentukan amonia dari penguraian lemak dan protein.

D. Organoleptik Rasa

Hasil uji organoleptik terhadap rasa dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Organoleptik berdasarkan Rasa

Kode Sampel	Perlakuan	Rata-rata	Kriteria
K0 (Kontrol)	Perebusan 0 Menit	1.0	Pahit
K1	Perebusan 30 Menit	3.73	Gurih
K2	Perebusan 40 Menit	3.87	Gurih
K3	Perebusan 50 Menit	4.33	Sangat gurih
K4	Perebusan 60 Menit	4.60	Sangat gurih

Hasil organoleptik rasa pada tabel 6 menunjukkan pada perlakuan K0 (kontrol) mendapati rerata 1.0 dengan rasa pahit dari penilaian panelis. Perlakuan K1 (perebusan 30 menit) dengan rerata 3.73 dan K2 (perebusan 40 menit) dengan rerata 3.87 memiliki rasa yang sama yaitu rasa gurih. Selanjutnya perlakuan K3 (perebusan 50 menit) dengan rerata 4.33 dan K4 (perebusan 60 menit) dengan rerata 4.60 juga memiliki rasa yang sama yaitu sangat gurih.

Perlakuan K4 memperoleh nilai tertinggi pada uji organoleptik rasa (rerata 4.60), diikuti perlakuan K3 (rerata 4.33), dengan karakteristik rasa sangat gurih. Hal ini disebabkan oleh waktu perebusan yang lama, menghasilkan biji empuk dan pertumbuhan *miselium Rhizopus* yang optimal, sehingga fermentasi berjalan baik dan protein terurai menjadi asam amino penyumbang cita rasa sangat gurih. Perlakuan K2 (rerata 3.87) dan K1 (rerata 3.73) masih tergolong baik dengan rasa gurih, mengalami proses fermentasi kurang optimal akibat perebusan lebih singkat. Sedangkan perlakuan K0 (rerata 1,0) menghasilkan rasa pahit karena fermentasi gagal yang disebabkan biji tidak empuk karena tidak mendapatkan perlakuan perebusan dan jamur tidak tumbuh, maka selama proses fermentasi biji menjadi membusuk.

2. Uji Hedonik

Hasil uji hedonik dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Hedonik

Perlakuan	Perlakuan	Rata-rata	Kriteria
K0 (Kontrol)	Perebusan 0 Menit	1.0	Tidak suka
K1	Perebusan 30 Menit	3.03	Suka
K2	Perebusan 40 Menit	3.17	Suka
K3	Perebusan 50 Menit	3.50	Sangat suka
K4	Perebusan 60 Menit	3.77	Sangat suka

Tabel 7 menunjukkan rerata hasil uji hedonik terhadap semua perlakuan yaitu K0 (kontrol) mendapati rerata 1.0 dengan kriteria tidak suka, yang dimana tempe pada perlakuan ini tidak berhasil terbentuk sehingga panelis cenderung memberikan nilai terendah. Selanjutnya hasil uji hedonik pada perlakuan K1 sebesar 3.03 dan perlakuan K2 sebesar 3.17 dengan kategori suka, perlakuan K3 sebesar 3.50 dan perlakuan K4 sebesar 3.77 dengan kategori sangat suka.

Dilihat dari tabel hasil uji hedonik atau kesukaan dari 10 panelis, yang sangat disukai adalah tempe biji durian dengan perlakuan K4 (perebusan 60 menit), sedangkan yang terendah pada perlakuan K1 kategori tempe biji durian yang berhasil. Berdasarkan hasil tabel 7 kriteria tingkat kesukaan dari penilaian panelis kategori tempe biji durian yang berhasil, menunjukkan bahwa perlakuan K4 rerata paling tinggi yaitu 3.77 memiliki karakteristik uji hedonik sangat suka. Perlakuan K4 menjadi yang paling disukai oleh panelis karena memiliki rasa sangat gurih, beraroma khas tempe, serta memiliki tekstur padat kompak dan warna putih bersih.

Sedangkan kategori tempe biji durian yang berhasil dengan penilaian uji hedonik terendah adalah perlakuan K1 dengan rerata 3.03, namun masih kategori suka. Perubahan nilai uji hedonik pada penelitian ini, disebabkan oleh penurunan lama waktu perebusan pada bahan baku biji durian. Sehingga penurunan sifat organoleptik juga terjadi pada perlakuan K1, seperti tekstur yang didapat agak rapuh, warna tempe putih keabu-abuan, memiliki aroma tidak khas tempe dan aroma mulai tajam.

Terakhir perlakuan K0 dengan rerata 1.0 memiliki karakteristik tidak suka merupakan tempe yang tidak berhasil. Hal ini menimbulkan rasa pahit karena selama proses fermentasi tidak terjadi. Panelis tidak menyukai tempe dari K0 (kontrol) karena teksturnya yang keras dan tidak memiliki kriteria tempe yang baik. Tempe K0 dibuat tanpa dilakukan perebusan yang mengakibatkan rasa dari tempe tersebut pahit sehingga panelis tidak menyukai tempe pada perlakuan K0.

Potensi Hasil Penelitian sebagai Rancangan E-LKPD Pembelajaran SMA

1) Analisis (*Analysis*)

Pada tahap analisis menjelaskan tentang analisis kurikulum dan analisis proses pembelajaran. Analisis kurikulum diawali dengan telaah kurikulum yang pada saat ini telah digunakan oleh sebagian Sekolah Menengah Atas (SMA) yakni Kurikulum Merdeka (Nathasia & Abadi, 2022). Kemudian memilih capaian pembelajaran yang memiliki capaian untuk dikembangkan berdasarkan hasil penelitian yang akan dijadikan rancangan LKPD. Tahap awal ini menganalisis capaian pembelajaran pada mata pelajaran Biologi SMA Fase E, setelah itu dilakukan analisis terhadap tujuan pembelajaran sehingga fase capaian pembelajaran dapat tercapai. Analisis materi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Materi yang Berpotensi Dikembangkan dalam Rancangan E-LKPD dari Hasil Penelitian

Hasil Analisis Materi	Sub-Materi	Kelas
Bioteknologi Konvensional	Produk	X/I
Membuat tempe dengan bahan utama biji durian	Bioteknologi Konvensional	

Data hasil penelitian yang mempunyai potensi untuk digunakan sebagai pengayaan materi bioteknologi kelas X/II. Hal ini disebabkan pada materi tersebut dapat diterapkan pembelajaran berbasis riset dengan menggunakan langkah-langkah metode ilmiah yang terdiri dari permasalahan, melakukan eksperimen, menyimpulkan dan melaporkan hasil. Hal ini sejalan dengan model pembelajaran yang digunakan ialah *Project Based Learning* (PjBL) untuk meningkatkan kemampuan analisis dan berfikir kritis peserta didik. Sehingga, materi yang dipilih sebagai rancangan Lembar Kerja Peserta Didik ialah bioteknologi pada pertemuan kedua ialah produk bioteknologi konvensional. Analisis Capaian Pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Capaian Pembelajaran terkait Penelitian.

Capaian Pembelajaran	Sub Materi	Pertemuan	Tujuan Pembelajaran
Pada kurikulum merdeka yaitu peserta didik memahami proses klasifikasi makhluk hidup; peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; ekosistem dan interaksi antar komponen serta faktor yang mempengaruhi; dan pemanfaatan bioteknologi dalam berbagai bidang kehidupan. Peserta didik memahami atom dan kaitannya dengan sifat unsur dalam tabel periodik; serta memahami reaksi, dan perannya dalam kehidupan sehari-hari. Peserta didik menerapkan pemahaman IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim.	Produk Bioteknologi Konvensional	2	3.10.3 Peserta didik mampu menciptakan produk makanan/ minuman berbasis bioteknologi, 3.10.4 Peserta didik mampu menyajikan laporan praktikum pembuatan produk.

Data hasil penelitian yang akan digunakan dalam pengayaan E-LKPD pada pertemuan ke-2 yaitu melakukan eksperimen pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*) dengan parameter pengaruh lama perebusan, serta melakukan pengamatan pengaruh lama perebusan tersebut terhadap kualitas tempe yang dihasilkan.

2) Desain (*Design*)

Pada tahap desain, E-LKPD yang dirancang sesuai dengan kurikulum merdeka. Perancangan (*Design*) terdiri atas 2 tahap:

a. Perancangan Perangkat Pembelajaran

Perancangan perangkat pembelajaran diawali dengan menyusun alur tujuan pembelajaran (ATP), modul ajar, dan instrumen penilaian. Alur tujuan pembelajaran (ATP) disusun sesuai dengan capaian pembelajaran (CP) pada fase E untuk 5 kali pertemuan yang meliputi elemen pemahaman biologi dan keterampilan proses dalam kurikulum merdeka.

b. Perancangan E-LKPD

Tahap perancangan E-LKPD dilakukan dengan merancang konsep materi yang sesuai dengan fakta dan data yang didapatkan dari penelitian. E-LKPD dibuat menggunakan aplikasi *Canva* dan *Liveworksheet* sesuai dengan materi dan TP yang ada pada modul ajar. Desain format lembar kerja peserta didik elektronik mengacu pada format Sahadah & Yuliani, (2024) yang terdiri dari *Cover*, *Identitas*, *Petunjuk*, *Tujuan Pembelajaran*, *Wacana*, *Sumber belajar*, *Alat dan Bahan*, *Cara kerja*, *Tugas peserta didik*, dan *Kesimpulan*. Berikut desain E-LKPD pada penelitian ini dapat dilihat bagian *cover* pada gambar 1.



Gambar 1. Desain E-LKPD

Berikut adalah penerapan dari format E-LKPD pada materi bioteknologi konvensional:

- 1) *Cover* atau sampul yang dikembangkan pada E-LKPD memuat judul E-LKPD yaitu “Pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*)”, yang ditulis dengan ukuran yang besar dan mencolok diantara tulisan lainnya. *Cover* E-LKPD ini menggunakan kombinasi ungu. Peneliti juga menggunakan beberapa foto yang diambil selama penelitian untuk menggambarkan proses pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*) pada E-LKPD tersebut. Informasi lainnya yang disisipkan pada bagian *cover* adalah nama penulis Hanny Melyana, nama dosen pembimbing Dr. Imam Mahadi, M.Sc dan Dr. Wan Syafi’i, M.Si. Peneliti juga melampirkan logo Universitas Riau dan Tut Wuri Handayani.
- 2) *Identitas* merupakan gambaran yang mencerminkan bagian dari struktur E-LKPD yang terdiri dari materi pembelajaran, kelas/semester, materi, alokasi waktu, serta nama kelompok peserta didik.
- 3) *Petunjuk* di dalam E-LKPD memuat petunjuk penggunaan apa saja yang akan harus dilakukan di dalam E-LKPD.

- 4) Tujuan Pembelajaran dalam rancangan E-LKPD ini memuat tentang menciptakan produk makanan/minum berbasis bioteknologi konvensional yaitu pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*).
- 5) Wacana berisi pengetahuan tentang materi yang dikaitkan dengan E-LKPD. Wacana singkat di dalam E-LKPD ini berisikan pengetahuan tentang pentingnya pemanfaatan terhadap pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*).
- 6) Sumber belajar merupakan sumber informasi yang dapat digunakan peserta didik sebagai referensi untuk menyelesaikan tugas peserta didik yang ada pada E-LKPD. Sumber belajar yang digunakan dalam rancangan E-LKPD ini berupa buku pelajaran biologi, video *youtube*, dan *powerpoint* mengenai materi bioteknologi.
- 7) Alat dan bahan yang digunakan terdapat dalam rancangan E-LKPD yang termasuk ke dalam tahap persiapan, berupa alat dan bahan yang harus dibawa peserta didik ketika hendak melakukan praktikum.
- 8) Cara kerja proses pembuatan tempe biji durian (*Durio zibethinus*) terdapat pada rancangan E-LKPD secara garis besar.
- 9) Tugas peserta didik pada E-LKPD yang dirancang merupakan hasil pengamatan dari beberapa analisis setelah melakukan penelitian serta soal kegiatan maupun materi yang sedang diajarkan.
- 10) Kesimpulan merupakan bagian akhir dari E-LKPD yang memuat intisari yang diajarkan atau praktikum yang telah didapat oleh peserta didik.

c. Pengembangan (*Development*)

Setelah dilakukan perancangan desain E-LKPD dengan menggunakan *Canva* dan *Liveworksheet*, selanjutnya E-LKPD yang telah dirancang divalidasi oleh validator. Lembar validasi terdiri dari 2 jenis yaitu validator ahli media dan ahli materi. Aspek yang divalidasi oleh ahli media terdiri dari 4 indikator pengukur tingkat kevalidan E-LKPD, yang terdiri dari ukuran model, desain sampul konten (*cover*), ilustrasi sampul konten, dan desain isi konten. Sedangkan aspek yang divalidasi oleh ahli materi terdiri dari 3 indikator yaitu kelayakan isi, kelayakan bahasa, dan kelayakan penyajian. Setiap lembar indikator kevalidan terdiri dari indikator yang berbeda-beda. Hasil validasi dapat dilihat pada pembahasan sebagai berikut:

1) Validator ahli media

Validator ahli media dilakukan dengan melihat E-LKPD sebagai bahan ajar yang dikembangkan pada materi Bioteknologi Konvensional pada kelas X SMA. Hasil penilaian validasi ahli media dapat dilihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil Penilaian Validasi Ahli Media terhadap E-LKPD

Aspek	Kriteria	Validator	Σ Skor	Σ Seluruh	Skor rata-rata per-aspek	Kriteria
Ukuran model	1	4	4	8	4	SV
	2	4	4			
Desain sampul konten (<i>cover</i>)	1	4	4	16	4	SV
	2	4	4			
	3	4	4			
	4	4	4			
Ilustrasi sampul konten	1	3	3	7	3.5	SV
	2	4	4			
Desain isi konten	1	4	4	28	4	SV
	2	4	4			

3	4	4
4	4	4
5	4	4
6	4	4
7	4	4

2) Validator ahli materi

Validator ahli materi dilakukan dengan melihat E-LKPD yang dapat digunakan sebagai bahan ajar. Ahli materi kemudian memberikan penilaian atas E-LKPD yang dikembangkan sebagai bahan ajar pembelajaran biologi pada materi bioteknologi konvensional kelas X SMA. Hasil analisis materi dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Hasil Penilaian Validasi Ahli Materi terhadap E-LKPD

Aspek	Kriteria	Validator	Σ Skor	Σ Seluruh	Skor rata-rata per-aspek	Kriteria
Kelayakan isi	1	4	4	23	3.83	SV
	2	3	3			
	3	4	4			
	4	4	4			
	5	4	4			
	6	4	4			
Kelayakan Bahasa	1	4	4	31	3.88	SV
	2	4	4			
	3	3	3			
	4	4	4			
	5	4	4			
	6	4	4			
	7	4	4			
	8	4	4			
Kelayakan Penyajian	1	3	3	11	3,66	SV
	2	4	4			
	3	4	4			

Berdasarkan hasil analisis data dari kedua validator yaitu ahli media dan ahli materi, berikut rata-rata hasil validasi dari kedua validator disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 12. Rata-rata Hasil Validasi oleh Ahli Media dan Ahli Materi pada masing-masing aspek E-LKPD.

Validator	Skor rata-rata	Ket
Validator Ahli Media	3.88	Sangat Valid
Validator Ahli Materi	3.79	Sangat Valid

Dari Tabel 12 didapatkan bahwa rata-rata skor hasil validasi E-LKPD dari kedua validator ahli media dan materi pada materi Bioteknologi Konvensional sebesar 3.84 yang berkategori sangat valid, hal ini menunjukkan bahwa E-LKPD yang dirancang sudah sesuai dengan kriteria media pembelajaran yang baik pada materi bioteknologi

konvensional. Perbaikan yang disarankan oleh validator dapat dirincikan untuk membantu menyempurnakan E-LKPD ini, saran-saran tersebut antara lain:

1. Perbaiki spasi dan jarak penulisan agar sejajar dan rapi sehingga desain penulisan E-LKPD terlihat lebih teratur, dan tidak berantakan.
2. Ubah judul materi pada bagian *cover* E-LKPD sesuai capaian pembelajaran (CP) pada kurikulum merdeka terbaru.
3. Ubah pertanyaan disesuaikan dengan tujuan pembelajaran (TP).

Berdasarkan saran-saran yang telah diberikan validator, maka peneliti melakukan revisi terhadap E-LKPD ini guna penyempurnaan E-LKPD yang telah dirancang. Adapun E-LKPD yang dicantumkan dalam penelitian ini adalah hasil revisi berdasarkan saran dari kedua validator tersebut. Maka dari itu, E-LKPD ini dapat digunakan dalam proses pembelajaran materi bioteknologi, terkhusus pada sub materi bioteknologi konvensional.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa lama perebusan dalam pembuatan tempe biji durian berpengaruh nyata terhadap kualitas tempe uji organoleptik, dan uji hedonik. Berdasarkan hasil penelitian pengaruh lama perebusan terhadap kualitas tempe biji durian yang terbaik dari segi mutu kimia dan sensoris yaitu perlakuan K4 (perebusan 60 menit) dari segi tekstur, warna, aroma, dan rasa yaitu bertekstur padat kompak dan jumlah miselium sangat rapat, berwarna putih bersih, beraroma khas tempe, dan memiliki rasa sangat gurih. Sehingga mendapatkan kategori tempe yang sangat disukai oleh panelis. Penelitian ini juga memberikan dasar untuk perancangan E-LKPD yang dapat digunakan dalam pembelajaran bioteknologi pada tingkat SMA, karena sudah mendapatkan hasil validator sangat valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, AM, Hujjatusnaini, N., Winanto, A., Nisa, BH, Khairunisa, K., & Prasetyo, P. (2022). "Pemanfaatan limbah biji durian (*Durio zibenthinus*) sebagai bahan baku alternatif pembuatan tempe". *Jurnal Binomial*.
- Arlisha, w.f., (2014). "Pemanfaatan biji durian (*Durio zibethinus murr*) sebagai bahan baku pembuatan tempe dan analisis proksimat serta uji organoleptiknya", *doctoral dissertation, universitas islam negeri sultan syarif kasim riau*.
- Astawan, I., Wresdiyati, T., Widowati, S., Bintari, SH, & Ichani, N. (2013). "Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari biji durian (*Durio zibethinus*)". *Jurnal Pangan*.
- Dwi, A. (2021). "Pengembangan E-LKPD Berbasis Literasi Sains untuk Melatihkan Keterampilan Berfikir Kritis Peserta Didik pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan", *Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi, gyufi*.
- El Romadhon, KM, & Utomo, D. (2018). "Pemanfaatan limbah biji durian (*Durio zibethinus*) sebagai substrat alternatif pembuatan tempe biji durian dengan perbandingan kadar ragi dan lama fermentasi". *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*.
- Firtsanianta, H., & Khofifah, I. (2022). "Efektivitas E-LKPD berbantuan *Liveworksheet* untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik". *Prosiding Umsurabaya*.
- Hardono, GS. (2014). "Strategi pengembangan diversifikasi pangan lokal". *Analisis Kebijakan Pertanian*.

- Hidayah, IN, & Kuntjoro, S. (2022). "Pengembangan E-LKPD perubahan lingkungan berbasis literasi sains untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas X SMA". *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*.
- Jannah, W., Adlini, MN, & Anas, N. (2024). "Pengembangan ELKPD Berbasis Discovery Learning pada Materi Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan di Kelas XI Madrasah Aliyah". *Mimbar Kampus: Jurnal Pendidikan dan Agama Islam*.
- Kasmidjo, RB. (2010). "Tempe: Mikrobiologi dan biokimia pengolahan serta pemanfaatannya". *PAU Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta*.
- Nuryana, A., Hernawan, A., & Hambali, A. (2021). "Perbedaan Pendekatan Kontekstual dengan Pendekatan Tradisional dan Penerapannya di Kelas (Analisis Pendekatan Pembelajaran PAI)". *Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam (JIPAI)*.
- Nurrahman, N., Astuti, M., Suparmo, S., & Soesatyo, MH (2012). "Pertumbuhan jamur, sifat organoleptik dan aktivitas antioksidan tempe kedelai hitam yang diproduksi dengan berbagai jenis inokulum". *Agritech*.
- Mulyatiningsih, E. (2007). *Teknik-Teknik Dasar Memasak*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahmayani, F., Hindun, I., & Hudha, AM (2015). "Pengembangan handout berbasis kontekstual pada pelajaran biologi materi bioteknologi untuk siswa kelas XII SMK Negeri 02 Batu". *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*.
- Sahadah, SZ, & Yuliani, Y. (2024). "Pengembangan E-LKPD Interaktif Perubahan Lingkungan Berbasis Problem Based Learning untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik". *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*.
- Suprianto, A., & Prayogo, H. (2018). "Studi etnobotani pemanfaatan tumbuhan durian (*Durio spp*) di desa Labian Ira'ang kecamatan Batang Lupar kabupaten Kapuas Hulu". *Jurnal Hutan Lestari*.