

PENGEMBANGAN LKPD MATERI INOVASI TEKNOLOGI BIOLOGI MELALUI KAJIAN PEMBUATAN MANDAI DARI FERMENTASI MESOKARP CEMPEDAK

Riena Asni Artia. S¹, Imam Mahadi², Zulfarina³
riena.asni0198@student.unri.ac.id¹, imam.mahadi@lecturer.unri.ac.id²,
zulfarina@lecturer.unri.ac.id³
Universitas Riau

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) materi Inovasi Teknologi Biologi kelas X SMA melalui pengayaan pembuatan produk mandai berbahan dasar mesokarp cempedak. Penelitian dilaksanakan pada November 2024 hingga Februari 2025 di Laboratorium Pendidikan Biologi Universitas Riau. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial, terdiri atas dua faktor: konsentrasi gula aren (0%, 3%, 5%, dan 7%) dan lama fermentasi (3, 5, dan 7 hari), masing-masing diulang tiga kali. Parameter yang diamati meliputi uji organoleptik dan hedonik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi terbaik terdapat pada perlakuan gula aren 7% dan fermentasi selama 7 hari. Mandai ini disukai panelis karena rasanya tidak terlalu asin dan warnanya menarik. Hasil penelitian ini kemudian diintegrasikan ke dalam rancangan LKPD dan divalidasi oleh ahli sebagai bahan ajar yang layak untuk digunakan dalam pembelajaran bioteknologi di SMA.

Kata Kunci: Mandai, Gula Aren, Fermentasi, Cempedak, Bioteknologi Konvensional, Lembar Kerja Peserta Didik.

ABSTRACT

This study aims to develop a design of a Student Worksheet (LKPD) on the topic of Biological Technology Innovation for Grade X Senior High School through the enrichment of product creation using mandai made from cempedak mesocarp. The research was conducted from November 2024 to February 2025 at the Biology Education Laboratory of Universitas Riau. The method used was an experimental design with a completely randomized design (CRD) in a factorial pattern, consisting of two factors: palm sugar concentration (0%, 3%, 5%, and 7%) and fermentation duration (3, 5, and 7 days), with each treatment replicated three times. The observed parameters included organoleptic and hedonic tests. The results showed that the best treatment was the combination of 7% palm sugar and 7 days of fermentation. This mandai was favored by panelists for its mildly salty taste and appealing color. The findings were then integrated into an LKPD draft and validated by experts as a feasible teaching material for biotechnology learning in senior high school.

Keywords: Project Based Learning, Learning Outcome, Mathematics.

PENDAHULUAN

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan bahan ajar cetak yang berisi rangkaian tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik, baik secara teori maupun praktik, yang dirancang untuk membantu mereka memahami materi pelajaran secara mandiri dan aktif (Prastowo, 2014). Dalam konteks Kurikulum Merdeka, LKPD menjadi alat bantu pembelajaran yang mampu mendukung pembelajaran berbasis proyek dan berbasis isu lokal, serta mengembangkan Profil Pelajar Pancasila seperti berpikir kritis, mandiri, dan bernalar ilmiah (Kosasih, 2021).

Penggunaan LKPD memungkinkan peserta didik terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran melalui kegiatan-kegiatan eksploratif, aplikatif, dan reflektif. Penyusunan LKPD yang dikaitkan dengan lingkungan sekitar dan budaya lokal dapat menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual. Menurut Wulandari (2013), LKPD yang baik tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga membimbing peserta didik

dalam menemukan sendiri konsep-konsep melalui aktivitas belajar yang aktif dan menyenangkan.

Salah satu isu lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai konten dalam pengembangan LKPD adalah pemanfaatan limbah kulit buah cempedak menjadi mandai. Mandai merupakan makanan tradisional suku Banjar yang dihasilkan melalui fermentasi kulit bagian mesokarp cempedak (*Artocarpus fretessii*). Limbah kulit cempedak yang biasanya dibuang, memiliki kandungan gizi dan potensi ekonomi yang tinggi jika difermentasi secara optimal. Penambahan gula aren pada proses fermentasi diketahui mampu meningkatkan cita rasa dan kualitas mandai, serta mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat (Nehemya, 2017). Mandai merupakan pangan tradisional khas suku Banjar yang diperoleh melalui proses fermentasi kulit cempedak dalam larutan garam. Sebagai bentuk kearifan lokal, mandai perlu dilestarikan dan diintegrasikan dalam pembelajaran di sekolah, khususnya melalui materi inovasi teknologi di bidang biologi.

Pengembangan LKPD dengan topik fermentasi kulit cempedak menjadi mandai tidak hanya memperkenalkan kearifan lokal, tetapi juga mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi Bioteknologi Konvensional. Kegiatan fermentasi ini sesuai dengan capaian pembelajaran TP 10.3.7 dalam Kurikulum Merdeka, yaitu menelaah langkah-langkah pembuatan produk bioteknologi konvensional dari limbah yang ada di lingkungan sekitar. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya memahami konsep biologi secara teoritis, tetapi juga mengaitkannya dengan praktik dan realitas lokal.

Hasil observasi di beberapa SMA Negeri Pekanbaru menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi di sekolah belum dilengkapi dengan praktikum atau LKPD berbasis proyek. Materi disampaikan melalui tugas presentasi tanpa adanya kegiatan laboratorium atau praktik langsung. Hal ini menyebabkan rendahnya pemahaman peserta didik terhadap konsep bioteknologi konvensional dan aplikasinya dalam kehidupan nyata.

Guru perlu mengembangkan LKPD yang mampu mengaitkan konsep biologi dengan potensi lokal agar pembelajaran lebih kontekstual, menyenangkan, dan bermakna. Dengan menyusun LKPD berbasis isu lokal seperti fermentasi kulit cempedak menjadi mandai, peserta didik dapat belajar sains sekaligus memahami dan melestarikan budaya lokal daerahnya. Tujuan dari pengembangan LKPD berbasis isu lokal fermentasi kulit cempedak adalah untuk mengetahui validitas LKPD sebagai bahan ajar Biologi SMA pada materi Bioteknologi Konvensional, serta untuk meningkatkan pemahaman peserta didik melalui kegiatan pembelajaran berbasis praktik dan budaya lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Riau dan dilanjutkan dengan pengembangan bahan ajar di lingkungan SMAN 9 Pekanbaru. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan November 2024 hingga Februari 2025.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian campuran (Mixed Methods) dengan strategi metode campuran bertahap (Sequential Mixed Methods). Tahap pertama merupakan penelitian eksperimen untuk mengetahui pengaruh penambahan gula aren dan lama fermentasi terhadap kualitas mandai dari kulit buah cempedak. Tahap kedua merupakan tahap pengembangan LKPD sebagai bahan ajar Biologi SMA dengan menggunakan desain penelitian R&D berbasis model pengembangan ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation), namun penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap pengembangan karena keterbatasan waktu dan biaya.

Prosedur pada tahap pertama dimulai dengan perancangan eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4×3, dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi gula aren (0%, 3%, 5%, dan 7%) dan lama fermentasi (3, 5, dan 7 hari), masing-

masing dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 36 unit perlakuan. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan larutan garam 5% sebagai kontrol berdasarkan referensi terdahulu. Parameter yang diamati meliputi uji organoleptik (warna, aroma, rasa, dan tekstur) dan uji hedonik untuk menilai kesukaan panelis terhadap produk mandai.

Hasil eksperimen fermentasi kemudian dimanfaatkan untuk mengembangkan LKPD berbasis isu lokal pada materi Bioteknologi Konvensional kelas X SMA. Pengembangan LKPD dilakukan berdasarkan model ADDIE, dimulai dari tahap analisis kurikulum, identifikasi capaian pembelajaran dan karakteristik peserta didik di SMAN 9 Pekanbaru. Tahap selanjutnya yaitu perancangan desain LKPD, penyusunan kegiatan pembelajaran kontekstual berbasis proyek fermentasi mandai, hingga pengembangan fisik LKPD dalam bentuk cetak. Produk LKPD yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk mengetahui tingkat kelayakan dan memperoleh masukan guna penyempurnaan produk.

Jenis data dalam penelitian ini terdiri dari data primer, yaitu hasil eksperimen fermentasi mandai dan hasil validasi LKPD, serta data sekunder berupa referensi kurikulum, dokumen sekolah, dan hasil observasi pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Organoleptik dan Hedonik

Uji organoleptik dilakukan untuk menilai kualitas mandai dari aspek warna, aroma, rasa, dan tekstur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan A3W3 (7% gula aren, fermentasi 7 hari) memperoleh skor tertinggi pada seluruh parameter organoleptik. Aroma mandai yang terbentuk selama fermentasi sangat dipengaruhi oleh metabolisme mikroorganisme, khususnya bakteri asam laktat (*Lactobacillus plantarum*), yang menghasilkan senyawa volatil seperti asam organik dan ester. Pada perlakuan A3W3, aroma mandai dinilai khas, tidak menyengat, dan diterima baik oleh panelis. Penambahan gula aren dalam fermentasi menyediakan substrat energi bagi mikroba yang kemudian mengonversinya menjadi senyawa aroma yang kompleks namun seimbang (Nehemya, 2017). Senyawa yang dihasilkan oleh *L. plantarum*, seperti asam 4-hidroksifenilasetat dan fenilpropionat, memberikan aroma khas fermentasi yang tidak menyimpang (Cueva et al., 2013). Dengan fermentasi selama 7 hari, waktu yang cukup telah diberikan untuk produksi senyawa volatil secara maksimal, namun tanpa menghasilkan bau busuk yang biasanya muncul pada fermentasi yang terlalu panjang atau tidak terkontrol. Hasil ini membuktikan bahwa keseimbangan antara waktu fermentasi dan sumber karbon sangat penting dalam menciptakan aroma yang disukai.

Warna merupakan indikator penting dalam penilaian awal mutu pangan karena memengaruhi persepsi konsumen terhadap kesegaran dan daya tarik produk. Dalam penelitian ini, mandai dengan perlakuan penambahan 7% gula aren dan fermentasi selama 7 hari (A3W3) menunjukkan warna kuning kecoklatan yang dinilai paling menarik oleh panelis. Warna tersebut menandakan proses fermentasi berlangsung optimal tanpa adanya pembusukan atau kontaminasi mikroba yang tidak diinginkan. Gula aren diketahui mengandung senyawa-senyawa seperti gula pereduksi yang selama fermentasi dapat terlibat dalam reaksi Maillard serta karamelisasi ringan, menghasilkan pigmen berwarna coklat alami yang menambah nilai estetika produk (Muchtadi & Sugiyono, 2013). Selain itu, kandungan flavonoid dan fenolik dalam kulit cempedak yang mengalami peningkatan selama fermentasi juga dapat berkontribusi pada perubahan warna (Rodríguez et al., 2009).

Cita rasa merupakan hasil interaksi kompleks antara kandungan kimia dalam bahan dan senyawa hasil fermentasi. Mandai hasil perlakuan A3W3 memiliki cita rasa yang seimbang antara asin, asam, dan sedikit manis, yang secara keseluruhan dinilai paling

disukai oleh panelis. Penambahan gula aren terbukti mampu menurunkan intensitas rasa asin khas mandai yang dibuat hanya dengan garam (Hartiningtyas, 2020), karena gula aren mengandung sukrosa dan senyawa gula reduksi lain yang mengalami fermentasi menjadi asam laktat, sehingga menambah kompleksitas rasa (Nehemya, 2017). Gula aren juga memberikan sentuhan manis yang tidak mendominasi, membuat rasa mandai lebih moderat dan dapat diterima oleh konsumen non-suku Banjar. Rasa asam lembut berasal dari produksi asam organik oleh bakteri asam laktat selama fermentasi, yang menurunkan pH dan memberikan sensasi kesegaran khas produk fermentasi. Perpaduan garam dan gula dalam proporsi yang tepat sangat penting dalam menentukan keseimbangan rasa mandai agar tidak terlalu asin atau terlalu manis.

Tekstur mandai berperan besar dalam kenyamanan saat dikonsumsi, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan A3W3 menghasilkan mandai dengan tekstur paling lembut, tidak berlendir, dan mudah dikunyah. Gula aren memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga mampu menyerap dan mempertahankan kelembaban selama fermentasi, menjadikan produk tidak keras atau kering (Muchtadi & Sugiyono, 2013). Fermentasi yang lebih lama juga memperbolehkan aktivitas enzim dari mikroba pelunak jaringan berlangsung lebih maksimal, sehingga jaringan mesokarp cempedak menjadi lebih lunak (Hartiningtyas, 2020).

Tabel 1. Hasil Uji Organoleptik dan Hedonik pada Mandai

Perlakuan	Organoleptik dan Hedonik				
	Aroma	Warna	Rasa	Tekstur	Hedonik
A0W1 (0% gula aren + 3 hari fermentasi)	2	1,6	2,8	4,4	1,8
A0W2 (0% gula aren + 5 hari fermentasi)	2,1	1,9	2,8	2,8	1,6
A0W3 (0% gula aren + 7 hari fermentasi)	3,6	2,3	2,9	1,7	2,4
A1W1 (3% gula aren + 3 hari fermentasi)	1,4	1,7	2,7	3,6	1,3
A1W2 (3% gula aren + 5 hari fermentasi)	2	2	2,8	3,0	1,5
A1W3 (3% gula aren + 7 hari fermentasi)	3,5	2,3	2,8	2,1	2,2
A2W1 (5% gula aren + 3 hari fermentasi)	1	2,0	2,5	3,0	1,6
A2W2 (5% gula aren + 5 hari fermentasi)	2,6	2,4	2,5	2,7	1,8
A2W3 (5% gula aren + 7 hari fermentasi)	4	3,3	2,2	2,0	2,2
A3W1 (7% gula aren + 3 hari fermentasi)	1,1	2,2	1,8	3,4	1,8
A3W2 (7% gula aren + 5 hari fermentasi)	2	3,3	1,4	2,6	2,1
A3W3 (7% gula aren + 7 hari fermentasi)	3,7	3,6	1,3	1,9	2,6

Uji hedonik digunakan untuk mengukur tingkat kesukaan panelis secara subjektif terhadap produk mandai secara keseluruhan. Mandai dari perlakuan A3W3 memperoleh skor tertinggi dalam uji hedonik dengan nilai rata-rata 2,6 dari skala 1–4, yang termasuk dalam kategori “suka”. Skor ini mencerminkan bahwa karakteristik sensorik mandai – meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur – secara umum disukai oleh konsumen. Hal ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa penambahan 7% gula aren dan fermentasi selama 7 hari merupakan kombinasi terbaik untuk meningkatkan mutu sensorik mandai. Produk pangan yang memiliki keseimbangan organoleptik cenderung lebih mudah diterima oleh berbagai kalangan, termasuk mereka yang tidak terbiasa mengonsumsi produk tersebut. Uji hedonik ini juga menunjukkan bahwa inovasi pada makanan tradisional melalui modifikasi fermentasi dapat meningkatkan daya saing dan memperluas segmen konsumen tanpa menghilangkan nilai budayanya. Dengan demikian, hasil uji hedonik memperkuat pentingnya inovasi berbasis pangan lokal yang mempertimbangkan preferensi sensorik konsumen.

Interaksi antara penambahan gula aren dan lama fermentasi terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil uji organoleptik dan hedonik. Penambahan gula aren mendukung pertumbuhan mikroba fermentatif dengan menyediakan sumber energi,

sementara fermentasi yang lebih lama memungkinkan terbentuknya senyawa aroma dan rasa yang lebih kompleks. Kombinasi kedua perlakuan ini meningkatkan mutu sensoris mandai secara keseluruhan.

B. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Perancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) mengacu pada Yanasin et al., 2023 yang kemudian dilakukan beberapa modifikasi. Adapun hasil validasi dari kedua validator ditampilkan sebagai rerata pada Tabel 2. berikut

Tabel 2. Hasil Uji Validasi Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Aspek	Skor	Skor Rata-rata per-Aspek	Kriteria
Aspek Isi	55	3,92	Sangat Valid
Aspek Bahasa	38	3,8	Sangat Valid
Aspek Kegrafisan	79	3,95	Sangat Valid
Jumlah	172	11,67	
Rata-rata	57,3	3,89	Sangat Valid

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh ahli materi dan ahli media terhadap LKPD yang dikembangkan, diperoleh skor rata-rata sebesar 3,89, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa LKPD yang dirancang telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran pada materi Inovasi Teknologi Biologi, khususnya submateri produk bioteknologi konvensional.

Validasi terhadap Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar. Dalam penelitian ini, LKPD divalidasi oleh dua ahli, yaitu ahli materi dan ahli media, dengan instrumen penilaian yang mencakup tiga aspek: isi, bahasa, dan penyajian visual. Berdasarkan hasil validasi, aspek isi memperoleh skor rata-rata 3,92 dengan kategori “sangat valid”. Penilaian ini mencerminkan bahwa materi dalam LKPD telah sesuai dengan capaian pembelajaran, kurikulum, serta dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep bioteknologi konvensional secara kontekstual. Validitas isi ini juga menunjukkan bahwa topik fermentasi mandai sebagai bahan ajar telah relevan secara ilmiah dan aplikatif, seperti yang disarankan oleh Prastowo (2014), bahwa LKPD yang baik harus memuat materi yang sesuai dengan kompetensi dasar dan dapat menunjang kegiatan belajar yang bermakna.

Selain isi, aspek bahasa dalam LKPD juga sangat penting untuk dinilai agar mudah dipahami oleh peserta didik. Hasil validasi menunjukkan bahwa aspek bahasa memperoleh skor rata-rata 3,8, yang juga termasuk dalam kategori “sangat valid”. Bahasa dalam LKPD dinilai komunikatif, sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik, serta menggunakan istilah yang tepat secara ilmiah. Hal ini penting untuk mendukung pemahaman peserta didik terhadap petunjuk kerja dan materi bioteknologi yang disampaikan. Menurut Kosasih (2021), bahasa dalam LKPD harus mendorong peserta didik berpikir kritis, bernalar ilmiah, dan tidak menimbulkan ambiguitas dalam interpretasi. Penilaian ini menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan telah memenuhi syarat linguistik sebagai perangkat ajar berbasis kurikulum merdeka.

Pengembangan LKPD dalam penelitian ini tidak hanya menekankan pada penyampaian materi semata, melainkan juga pada keterkaitan antara konsep bioteknologi konvensional dengan kehidupan nyata siswa. Topik fermentasi mandai dari kulit cempedak dipilih sebagai muatan lokal karena mencerminkan kearifan lokal masyarakat Riau, khususnya suku Banjar di Indragiri Hilir. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang mendorong pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. LKPD ini dirancang untuk melibatkan peserta didik dalam kegiatan eksperimen sederhana, refleksi ilmiah, dan pemahaman budaya lokal. Menurut Wulandari (2013), LKPD yang baik harus

mengaktifkan peserta didik melalui aktivitas penemuan dan eksplorasi mandiri yang bermakna. Oleh karena itu, bidang atau lingkup LKPD ini mencakup aspek bioteknologi, lingkungan, sosial-budaya, dan keterampilan ilmiah, yang keseluruhannya saling terintegrasi dalam satu produk pembelajaran.

Bidang LKPD dalam penelitian ini mencakup kompetensi utama dalam pembelajaran Biologi kelas X, yaitu capaian pembelajaran TP 10.3.7 yang menekankan pada kemampuan peserta didik untuk menelaah langkah-langkah pembuatan produk bioteknologi konvensional dari limbah lingkungan sekitar. Dalam hal ini, LKPD diarahkan agar peserta didik tidak hanya memahami konsep teoritis fermentasi, tetapi juga mampu menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari dengan menggunakan bahan yang mudah dijumpai, seperti kulit cempedak. Fungsi LKPD juga sebagai panduan belajar berbasis proyek (project-based learning) dengan pendekatan saintifik, sesuai dengan model pengembangan ADDIE yang diterapkan dalam penelitian ini (Analyze, Design, Develop). Hal ini memperkuat pendapat Widjajanti (2008) bahwa LKPD yang ideal harus menjadi panduan pembelajaran yang berisi langkah-langkah konkret dan sistematis, sehingga peserta didik dapat mengonstruksi sendiri pengetahuannya melalui pengalaman langsung.

Setelah melalui proses validasi, LKPD yang dikembangkan menunjukkan kesiapan tinggi untuk diimplementasikan dalam pembelajaran biologi di SMA, khususnya di SMAN 9 Pekanbaru yang menjadi lokasi observasi awal penelitian. Observasi menunjukkan bahwa sebelumnya belum tersedia LKPD atau praktikum yang relevan untuk materi bioteknologi konvensional. Dengan adanya LKPD ini, guru memiliki media ajar yang dapat menjembatani antara teori dan praktik, serta menghidupkan pembelajaran berbasis eksperimen sederhana dan berbasis lokal. Hal ini sejalan dengan hasil wawancara dan kebutuhan sekolah yang menghendaki adanya inovasi dalam pembelajaran berbasis kurikulum merdeka. Prastowo (2011) menyatakan bahwa LKPD yang berbasis aplikasi dan penemuan dapat meningkatkan motivasi serta pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran. Maka, produk LKPD fermentasi mandai ini diharapkan dapat menjadi contoh model bahan ajar inovatif yang dapat direplikasi oleh guru biologi di daerah lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pengaruh penambahan gula aren dan lama fermentasi terhadap kualitas mandai dari kulit buah cempedak, diperoleh bahwa perlakuan terbaik terdapat pada kombinasi gula aren 7% dan lama fermentasi 7 hari (A3W3). Hasil uji organoleptik dan hedonik juga menunjukkan bahwa mandai A3W3 disukai oleh panelis dari aspek aroma, rasa, tekstur, dan warna, sehingga produk dinilai layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Hasil penelitian ini kemudian dijadikan dasar pengembangan LKPD berbasis isu lokal pada materi Bioteknologi Konvensional kelas X SMA. LKPD dirancang untuk memuat konten fermentasi kulit cempedak sebagai produk pangan tradisional dan pemanfaatan limbah organik yang relevan dengan konteks lokal peserta didik. LKPD disusun dalam format berbasis proyek, lengkap dengan panduan langkah kerja, data hasil fermentasi, serta tugas reflektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil validasi menunjukkan bahwa LKPD dinyatakan sangat valid oleh ahli materi dan ahli media dengan skor rata-rata 3,89, sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar kontekstual yang dapat memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep bioteknologi serta pelestarian budaya lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcarno IE. 2001. "Fundamentals of microbiology". Boston: Jones and Bartlett.
Andrestian, M. D. 2009. "Standarisasi Produksi Mandai Kulit Cempedak melalui Perlakuan Kadar

- Garam dan Pemberian Inokulum". Tesis. SITH-ITB. Bandung.
- Asngad, A, Suparti dan Yanti. 2006. Buah Sirsak Pemanfaatan Ampas sebagai Bahan Dasar Pembuatan Nata dengan Penambahan Gula Aren . Program Studi Pendidikan Biologi . Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah . Surakarta.
- Barani, S. R., Antuli, Z., & Une, S. 2023. "Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Kimia dan Mutu Organoleptik Kimchi Labu Air (*Lagenaria siceraria*)". *Journal Of Agritech Science (JASc)*, 7(01), 62–69.
- Bintang, M. (2010). *Biokimia teknik penelitian*. Jakarta: Erlangga.
- Cueva C, Sanchez-Pata F, Monangas M, Walton GE, Gibson GR, MartinAlvarez PJ, Bartolome B, Moreno-Arribas V. 2013. In vitro fermentation of grape seed flavan-3-ol fractions by human faecal microbiota: changes in microbial groups and phenolic metabolites. *FEMS Microbiol Ecol* 83: 792–805
- Daud, M. 2012. "Biokonversi Bahan Berlignoselulosa Menjadi Bioetanol Menggunakan *Aperligus Niger* dan *Saccharomyces Cerevisiae*". *Jurnal Perennial*, 8(2), 43-51.
- Emmawati, A., Laksmi, B. S., Nuraida, L., & Syah, D. 2015. "Characterization Of Lactic Acid Bacteria Isolates From Mandai Function As Probiotic". *Jurnal Agritech*, 35(02), 146.
- Hartiningtyas Agus; Puspitasari, Siska, N. D. W. 2020. "Konsentrasi Larutan Garam pada Fermentasi Kulit Buah Cempedak (*Artocarpus integer*) Terhadap Sifat Fisik, Organoleptik dan Kadar Vitamin C Mandai". *Jurnal GIZIDO*, 12(Vol 12 No 2 (2020): Jurnal GIZIDO edisi November 2020), 55–64.
- Kosasih. 2021. "Pengembangan Bahan Ajar". Jakarta, PT Bumi Aksara.
- Muchtadi, R.T. dan Sugiyono. 2013. "Prinsip Proses dan Teknologi Pangan". Penerbit Alfabeta. Bogor.320
- Nehemya, et al., 2017. "Pengaruh Konsentrasi Gula Merah Dan Konsentrasi Starter Terhadap Mutu Minuman Sinbiotik Sari Buah Sukun". *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan*.
- Prastowo, Andi. 2011. "Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif". Yogyakarta: Diva Press
- Rodríguez, H., Curiel, J. A., Landete, J. M., Rivas, B. D. L., Felipe, F. L. D., Gómez-Cordovés, C., Mancheño, J. M., dan Muñoz, R. 2009. Food Phenolics and Lactic Acid Bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 132: 79-90.
- Sunaryono, H., 2005. "Cempedak (*Artocarpus champeden*) Jilid II". Yayasan Kanisius: Jakarta.
- Widjajanti, E. 2008. "Kualitas Lembar Kerja Peserta didik. Makalah disampaikan dalam Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat", FMIPA UNY, 22 Agustus 2008.
- Wulandari. 2013. "Pengaruh Problem-Based Learning terhadap Hasil Belajar ditinjau dari motivasi belajar PLC di SMK". *Jurnal Pendidikan Vokasi*, Vol. 3 No. 2
- Yanasin, M.,Yuhanna, W. L., & Sulistyarsi, A. 2023. "Pengembangan LKPD Biologi Fase E Kurikulum Merdeka Terintegrasi Higher Order Thinking Skills". *Seminar Nasional Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-6*, 1312–13.