KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

SKRIPSI

OLEH
MUTHIA KUMALASARI
NIM. F1071211027

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi Pendidikan Biologi

OLEH
MUTHIA KUMALASARI
NIM. F1071211027

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

Muthia Kumalasari
NIM. F1071211027

Disetujui oleh

Pembimbing I	Pembimbing II
Laili Fitri Yeni, S.Si., M.Si.	Dr. Yokhebed, S.Pd., M.Pd
NIP. 197410082005012002	NIP. 198705042008122002

Disahkan Oleh,
Dekan FKIP Universitas Tanjungpura

Dr. Ahmad Yani T., M.Pd
NIP. 196604011991021001

Lulus Ujian: 9 Juli 2025

LEMBAR PENGESAHAN

KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

Penanggung Jawab Yuridis
Muthia Kumalasari
NIM. F1071211027

Disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Laili Fitri Yeni, S.Si., M.Si.	Dr. Yokhebed, S.Pd., M.Pd
NIP. 197410082005012002	NIP. 198705042008122002
Penguji I	**Penguji II**
Dra. Syamswisna, M.Si.	Anisyah Yuniarti, S.Pd., M.Pd.
NIP. 196509091991022001	NIP. 199206022020122008

LEMBAR PENGESAHAN

KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

Muthia Kumalasari
NIM. F1071211027

Disetujui

Pembimbing I	Pembimbing II
Laili Fitri Yeni, S.Si., M.Si.	Dr. Yokhebed, S.Pd., M.Pd
NIP. 197410082005012002	NIP. 198705042008122002
Penguji I	**Penguji II**
Dra. Syamswisna, M.Si.	Anisyah Yuniarti, S.Pd., M.Pd.
NIP. 196509091991022001	NIP. 199206022020122008

Mengetahui,
Kepala Program Studi Pendidikan Biologi FKIP
UNTAN

Dr. Afandi, S.Pd., M.Pd
NIP. 198705282008121002

LEMBAR PENGESAHAN

KELAYAKAN BUKU SAKU SUBMATERI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DARI HASIL ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN HUBUNGAN FILOGENETIK BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PRODUK FERMENTASI MANDAI KULIT CEMPEDAK (*Artocarpus champeden* Spreng)

Muthia Kumalasari
NIM. F1071211027

Disetujui oleh

Pembimbing I

Laili Fitri Yeni, S.Si., M.Si.

NIP. 197410082005012002

Pembimbing II

Dr. Yokhebed, S.Pd., M.Pd

NIP. 198705042008122002

Penguji I

Dra. Syamswisna, M.Si.

NIP. 196509091991022001

Penguji II

Anisyah Yuniarti, S.Pd., M.Pd.

NIP. 199206022020122008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
FKIP Universitas Tanjungpura Pontianak

Dr. Kurnia Ningsih, S.Pd., M.Pd.

NIP. 196703191991012001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Muthia Kumalasari

NIM : F1071211027

Jurusan/ Prodi : PMIPA/ Pendidikan Biologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skrips/tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya aku sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi/tesis ini hasil jiplakan saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Pontianak, 9 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Muthia Kumalasari

NIM F1071211027

ABSTRAK

Mandai adalah salah satu produk bioteknologi konvensional yang diolah dengan cara fermentasi memanfaatkan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi, fisiologi, dan hubungan filogenetik BAL yang di isolasi dari produk fermentasi mandai kulit cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng) serta untuk mengetahui kelayakan media buku saku sebagai media pembelajaran. Penelitian dilakukan dengan mengisolasi bakteri dari fermentasi mandai yang meliputi karakter morfologi (makroskopis dan mikroskopis), karakter fisiologi (uji motilitas, katalase, oksidase, gelatin dan TSIA), dan karakter molekuler menggunakan gen 16S-rRNA Hasil isolasi bakteri diperoleh 5 jenis isolat bakteri yaitu M1, M2, M3, M4, dan M5. Penelitian ini mengidentifikasi BAL berdasarkan karakter genetik dan analisis hubungan filogenetik menggunakan gen 16S-rRNA yaitu *Lactiplanbacillus plantarum*. Media pembelajaran dibuat berdasarkan hasil penelitian isolasi, karakterisasi dan hubungan filogenetik BAL yang dilengkapi dengan materi bioteknologi konvensional, gambar, dan tabel. Hasil validasi media buku saku memperoleh nilai CVR dan CVI sama dengan 0,99 atau berada pada kategori valid. Dengan demikian media buku saku produk fermentasi mandai kulit cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng) submateri bioteknologi konvensional dinyatakan valid digunakan sebagai media pembelajaran SMA.

Kata Kunci: Mandai, Bakteri Asam Laktat, Buku Saku

ABSTRACT

Mandai is a conventional biotechnology product processed through fermentation using microorganisms. This study aims to determine the morphological, physiological, and phylogenetic characteristics of BAL isolated from the fermentation product of mandai cempedak peel (*Artocarpus champeden* Spreng) and to assess the suitability of pocketbooks as learning media. The study was conducted by isolating bacteria from the Mandai fermentation process, including morphological characteristics (macroscopic and microscopic), physiological characteristics (motility test, catalase, oxidase, gelatin, and TSIA), and molecular characteristics using the 16S-rRNA gene. The bacterial isolation yielded five bacterial isolates: M1, M2, M3, M4, and M5. This study identified BAL based on genetic characteristics and phylogenetic relationship analysis using the 16S-rRNA gene, namely *Lactiplanbacillus plantarum*. The educational media was developed based on the results of bacterial isolation, characterization, and phylogenetic relationships of BAL, supplemented with conventional biotechnology materials, images, and tables. The validation of the pocket-sized educational media yielded CVR and CVI values of 0.99, placing it in the valid category. Thus, the pocket book media for fermented cempedak peel (*Artocarpus champeden* Spreng) products, as a sub-topic of conventional biotechnology, is deemed valid and suitable for use as high school educational media.

Keywords: Mandai, Lactic Acid Bacteria, Pocket Book

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur tak henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya karena atas izin-Nya lah peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Kelayakan Buku Saku Submateri Bioteknologi Konvensional dari Hasil Isolasi, Karakterisasi, dan Hubungan Filogenetik Bakteri Asam Laktat pada Produk Fermentasi Mandai Kulit Cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng)". Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini, diantaranya yaitu kepada:

1. Laili Fitri Yeni, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, motivasi serta arahan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.
2. Yokhebed, S.Pd., M.Pd selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, motivasi serta arahan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.
3. Hayatul Fajri, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis dalam penyusunan penelitian ini.
4. Dra. Syamswisna, M.Si selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan saran dalam perbaikan skripsi ini.

5. Anisyah Yuniarti, S.Pd, M.Pd selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan saran dalam perbaikan skripsi ini sekaligus sebagai validator yang telah bersedia memberikan validasi dan memberikan saran yang membangun sehingga media buku saku dapat diselesaikan dengan baik.
6. Tinduh, S.Pd selaku guru mata pelajaran biologi SMAN 1 Sampit yang telah memberikan penulis informasi sewaktu pra-riset dan ilmu yang bermanfaat dalam proses penulisan skripsi.
7. Dwi Novia Mardianti, S. Pd selaku guru biologi SMA Negeri 1 Sungai Raya Kepulauan sebagai validator yang telah bersedia memberikan validasi dan memberikan saran yang membangun sehingga media buku saku dapat diselesaikan dengan baik.
8. Zulfikar, S. Pd. selaku guru biologi SMA Negeri 1 Sungai Raya sebagai validator yang telah bersedia memberikan validasi dan memberikan saran yang membangun sehingga media buku saku dapat diselesaikan dengan baik.
9. Erni Lestari, S.P. selaku guru biologi SMA 10 Pontianak sebagai validator yang telah bersedia memberikan validasi dan memberikan saran yang membangun sehingga media buku saku dapat diselesaikan dengan baik.
10. Kepala Laboratorium, Laboran, serta staf-staf Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan yang selama ini telah memfasilitasi penulis menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

11. Kepala Laboratorium, Laboran, serta staf-staf Laboratorium Terpadu Universitas Tanjungpura yang selama ini telah memfasilitasi penulis menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
12. Dr. Afandi, S.Pd, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura sekaligus sebagai validator yang telah bersedia memberikan validasi dan memberikan saran yang membangun sehingga media buku saku dapat diselesaikan dengan baik.
13. Dr. Kurnia Ningsih, S.Pd., M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura.
14. Dr. Ahmad Yani T, M.Pd., M.Pdi selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura.
15. Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura yang telah memberikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis selama perkuliahan sampai akhir penulisan skripsi.
16. Kedua orang tua, ibuku tersayang Luziana dan ayahku tercinta Dussalam serta adikku yang paling kusayang Hanin Rahmanindya yang tak henti-hentinya memberikan do'a, izin, bimbingan, nasehat, semangat, motivasi, materil, dukungan serta kasih sayang yang tulus untuk penulis menempuh studi di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura

17. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021 yang selalu bersama-sama serta selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyusun penelitian ini.
18. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu terima kasih atas doa serta dukungan yang sangat berharga bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang dibuat ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini dikarenakan terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan serta kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Pontianak, 9 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR LAMPIRAN xi

ABSTRAK i

ABSTRACT ii

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1

B. Rumusan Masalah 9

C. Tujuan Penelitian 9

D. Manfaat 9

E. Ruang Lingkup Penelitian dan Definisi Operasional 11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 15

A. Buku Saku 15

B. Submateri Bioteknologi Konvensional 21

C. Fermentasi Mandai 23

D. Isolasi, Karakterisasi, dan Hubungan Filogenetik 29

E. Bakteri Asam Laktat (BAL) 43

BAB III METODE PENELITIAN..... 56

A. Isolasi, Karakterisasi, dan Hubungan Filogenetik BAL dari Mandai..... 56

B. Pembuatan Media Buku Saku..... 71

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 81

A. HASIL 81

B. PEMBAHASAN 93

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 137

A. KESIMPULAN 137

B. SARAN 138

DAFTAR PUSTAKA 139

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian Tahap Pertama 56

Tabel 3. 2 Karakterisasi dan Identifikasi Isolat..... 70

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian Tahap Kedua 72

Tabel 3. 4 Aspek Penilaian Validasi 76

Tabel 3. 5 Jumlah Panelis dan Nilai Kritis CVR 79

Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Makroskopik BAL 82

Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Mikroskopik BAL 84

Tabel 4. 3 Hasil Uji Fisiologis Isolat BAL 86

Tabel 4. 4 Daftar Nama Bakteri dan Komposisi Nukleotida 89

Tabel 4. 5 Genus dan Spesies Bakteri Asasm Laktat..... 90

Tabel 4. 6 Hasil Validasi Media Buku Saku..... 91

Tabel 4. 7 Tampilan Media Buku Saku 112

Tabel 4. 8 Revisi Buku Saku..... 121

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Buku Saku sebagai Media Pembelajaran……11

Gambar 2.2 Buah Cempedak *(Artocarpus champeden* Spreng*)* ……..…17

Gambar 2.3 Produk Fermentasi Mandai dari Kulit Cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng)……..20

Gambar 2.4 Bentuk Koloni Bakteri…….23

Gambar 2.5 Bentuk Tepian Bakteri ……23

Gambar 2.6 Bentuk Elevasi Bakteri …….……..24

Gambar 2.7 Bentuk Sel Bakteri ……..……23

Gambar 2.8 Bakteri Asam Laktat ……....……...……31

Gambar 4. 1 Fragmen Gen 16S-rRNA Hasil Amplifikasi dengan PCR. 87

Gambar 4. 2 Pohon Filogenetik 88

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri 170
Lampiran 2 Hasil Pengamatan Uji Fisiologis 174
Lampiran 3 Hasil Analisis Filogenetik 183
Lampiran 4 Surat Pra-riset 184
Lampiran 5 Hasil Wawancara Pra-riset dengan Guru Biologi 185
Lampiran 6 Dokumentasi Pra-riset 187
Lampiran 7 Wawancara Pembuatan Mandai 188
Lampiran 8 Dokumentasi Wawancara Pembuatan Mandai 189
Lampiran 9 Panduan Penelitian 190
Lampiran 10 ATP Biologi 193
Lampiran 11 Modul Ajar 200
Lampiran 12 Pedoman Validasi Buku Saku 206
Lampiran 13 Pengumpulan Data Hasil Validasi 209
Lampiran 14 Analisis Data Hasil Validasi Buku Saku 214
Lampiran 15 Tampilan Buku Saku 217
Lampiran 16 Surat Riset 226
Lampiran 17 Surat Tugas 229
Lampiran 18 Surat Izin Validasi 233
Lampiran 19 Dokumentasi Penelitian Tahap 1 236
Lampiran 20 Dokumentasi Validasi Buku Saku 242

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam hayati yang beraneka ragam yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Kekayaan sumber daya alam hayati salah satunya adalah cempedak. Setiap daerah yang ada di Indonesia memiliki ciri khas tersendiri dalam mengolah sumber daya alam. Pemanfaatan cempedak merupakan pengolahan sumber daya alam hayati berupa tumbuh-tumbuhan menjadi produk pangan tradisional. Daerah yang memanfaatkan buah cempedak sebagai produk pangan tradisional adalah Kalimantan Tengah. Kalimantan Tengah memiliki tumbuhan lokal yang berpotensi sebagai sumber antioksidan seperti cempedak (Rizki dkk, 2021).

Kalimantan Tengah merupakan provinsi di Indonesia yang terkenal akan produksi buah-buahan, salah satunya adalah cempedak. Provinsi ini merupakan penghasil cempedak ketujuh terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik produksi buah cempedak mencapai 11.974 ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik Indonesia). Selain bernilai ekonomis dan mempunyai nilai jual, melimpahnya produksi cempedak tentunya juga dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan yaitu meningkatnya jumlah sampah organik dari kulit cempedak. Sampah organik adalah limbah yang berasal dari sisa makhluk hidup (alam) seperti hewan, manusia, tumbuhan yang

mengalami pembusukan atau pelapukan (Taufiq & Maulana, 2015). Kalimantan Tengah dengan cara membuat produk fermentasi dari kulit cempedak yang disebut dengan mandai. Kalimantan Barat juga memiliki potensi cempedak yang melimpah dan budaya konsumsi produk fermentasi yang serupa. Namun, pemanfaatan kulit cempedak di Kalimantan Barat masih belum optimal. Sehingga upaya pemanfaatan limbah kulit cempedak perlu dilakukan masyarakat.

Mandai merupakan salah satu makanan khas yang berasal dari Kalimantan Tengah yang biasa dijadikan sebagai lauk. Mandai dibuat secara tradisional dari bagian dalam kulit buah cempedak dengan proses fermentasi (Emmawati dkk, 2015). Fermentasi mandai adalah cara untuk menjaga makanan tetap tersedia untuk waktu yang lama dan pengelolaan limbah yang berasal dari konsumsi buah cempedak. Mandai mampu bertahan hingga lebih dari satu tahun apabila diolah dengan cara yang tepat (Mariana, Rahmadi, & Syahrumsyah, 2020). Fermentasi melibatkan banyak jenis mikroorganisme. Selama proses fermentasi mikroorganisme tersebut mengubah komponen-komponen yang terdapat dalam kulit cempedak menjadi senyawa-senyawa baru seperti asam organik, alkohol, dan senyawa lainnya (Rahmadi, 2019).

Proses fermentasi menghasilkan produk fermentasi yang memiliki rasa yang khas dan meningkatkan nilai gizi dari kulit cempedak (Rahmadi, Firdaus, Marwati, 2018). Kulit cempedak mengandung berbagai nutrisi dan senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai produk makanan, termasuk produk fermentasi seperti mandai (Emmawati dkk, 2015).

Fermentasi mandai dari cempedak bermanfaat dalam meningkatkan antioksidan sebagai akibat peningkatan komponen fenol, dan peningkatan cita rasa gurih sebagai akibat pelepasan asam amino dan peptida (Rahmadi, 2019). Kandungan gizi produk mandai per 100 gram mengandung 4,41 air, 77,53 abu, 4,43 lemak, 6,98 serat kasar, 2,34 protein, 14,79 karbohidrat, 3,83 ph, dan total asam 2,25 (Siregar, Kusdiyantini, & Rukmi 2014). Proses fermentasi mandai dari kulit cempedak melibatkan Bakteri Asam Laktat (BAL) (Canrika, Utami, & Retno, 2024).

Fermentasi mandai dilakukan dengan tipe fermentasi spontan. Fermentasi spontan adalah fermentasi bahan pangan di mana dalam pembuatannya tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk *starter*, ragi dan bakteri, tetapi mikroorganisme berperan aktif dalam proses fermentasi berkembang biak secara spontan yang berasal dari bahan baku produk fermentasi. Rahmadi, Jennie, & Andijaya (2002) menyatakan bahwa proses fermentasi BAL terjadi secara spontan dengan bantuan garam atau tanpa dan sengaja diintroduksikan, maupun sebagai fermentasi suksesif yang cukup sederhana.

BAL adalah bakteri yang menghasilkan amilase ekstraseluler dan memfermentasi pati menjadi asam laktat secara langsung. BAL digunakan secara alami pada makanan fermentasi untuk menciptakan cita rasa asam (asidifikasi) akibat dari produksi asam laktat dan asetat. Efek asam tersebut diakibatkan adanya konversi karbohidrat selama fermentasi. Bakteri ini dikategorikan sebagai mikroorganisme *generally recognized as safe* (GRAS), yaitu mikroorganisme

yang tidak memiliki resiko terhadap kesehatan (Naulandari, 2023). Yuyana (2016) menyatakan bahwa BAL sering dimanfaatkan dalam beberapa produk pangan yang dapat memberi banyak manfaat bagi produk fermentasi. Selain berperan dalam produk fermentasi, BAL juga berperan dalam metabolisme tubuh manusia. Manfaat BAL bagi tubuh yaitu meningkatkan nilai nutrisi makanan, pengendalian infeksi usus, peningkatan pencernaan laktosa, pengendalian beberapa jenis kanker, dan pengendalian kadar kolesterol serum (Gilliland, 1990).

BAL adalah bakteri anaerob fakultatif yang dapat hidup di berbagai tempat yang beragam di alam, termasuk tanaman, saluran pencernaan makhluk hidup, buah, sayur, produk olahan makanan, produk susu, dan produk fermentasi. BAL dapat digunakan untuk kultur fermentasi dan sebagai pangan probiotik (Rahmiati & Mumpuni, 2017). BAL dapat menghasilkan metabolit primer serta menurunkan pH pada lingkungannya melalui ekskresi senyawa penghambat bakteri patogen (Ardilla, Anggreini, & Rahmani, 2022). BAL memiliki karakteristik yang khas yaitu berukuran sedikit lebih besar dibandingkan bakteri-bakteri lain, umumnya berbentuk mikroskopis lonjong, batang, bulat maupun koma. Penentuan jenis bakteri dan karakteristik BAL dapat dilakukan dengan isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik BAL (Azhara dkk, 2022).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa BAL merupakan mikroorganisme yang dominan dalam fermentasi. Golongan bakteri fermentasi bahan makanan umumnya didominasi oleh empat genus BAL, yaitu golongan *Lactobacillus* (Putri, Erina, & Fakhrurrazi 2018), *Streptococcus* (Hanayani

Kawuri, & Suriani, 2018), *Leuconostoc* (Kusmiati & Malik, 2002), dan *Pediococcus* (Wulan, Meryandini, & Sunarti, 2016). Secara umum keempat jenis ini dikelompokkan sebagai bakteri gram positif, berbentuk coccus atau batang yang tidak berspora. *Lactobacillus* merupakan jenis BAL yang diisolasi dari tempoyak (Mardanela, 2016), asinan rebung (Tanjung dkk, 2023), tempe, tauco dan kecap (Murni dkk, 2013). Isolasi, karakterisasi dan hubungan filogenetik BAL pada mandai masih belum banyak dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Isolasi, karakterisasi dan hubungan filogenetik BAL perlu dilakukan untuk pemisahan dan identifikasi isolat BAL yang berpotensi sebagai probiotik alami.

Penelitian isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik dilakukan dengan melihat karakter morfologi, fisiologis dan variasi genetik BAL. Karakter morfologi yang umumnya diamati terdiri dari pewarnaan gram, melihat bentuk koloni, warna koloni, tepian koloni dan elevasi koloni (Holderman, Queljoe, & Rondonuwu, 2017). Pengamatan karakter fisiologi dilakukan dengan dua cara yaitu dengan uji motilitas, uji katalase, uji gelatin, uji oksidase, dan uji glukosa, sukrosa, dan fruktosa. Variasi atau karakter genetik di analisis dengan analisis filogenetik menggunakkan gen 16S rRNA.

Hasil penelitian isolasi, karakterisasi dan hubungan filogenetik BAL dapat diimplementasikan dalam media pembelajaran. Media pembelajaran digunakan sebagai media dalam hasil penelitian isolasi, karakterisasi dan hubungan filogenetik BAL berupa buku saku.

Berdasarkan hasil wawancara (Lampiran 2) yang telah dilakukan dengan guru yang mengajar mata pelajaran biologi kelas X di SMA Negeri 1 Sampit tanggal 2024 pada submateri bioteknologi konvensional. Untuk menyampaikan submateri biotenologi konvensional, digunakan media berupa *Power Point Text* (PPT) dan metode praktikum. Contoh bioteknologi konvensional seperti yogurt, keju, kecap tempe, dan tapai termuat dalam PPT. Oleh karena itu perlu ditambahkan produk fermentasi lokal seperti mandai ke dalam media pembelajaran PowerPoint sekolah. Dengan menambah muatan mandai pada PPT, diharapkan siswa lebih memahami potensi lokal di sekitarnya. Selama proses pembelajaran, guru tidak membagikan salinan PPT kepada siswa setelah pembelajaran selesai. Hal ini membuat siswa mengakses ulang mempelajari ulang materi secara mandiri. Oleh karena itu, penambahan informasi tentang mandai dalam media pembelajaran, serta penggunaan buku saku, diharapkan dapat membantu siswa lebih memahami potensi lokal sekaligus memperkuat pembelajaran submateri bioteknologi konvensional. Praktikum di sekolah melibatkan pembuatan produk fermentasi bioteknologi tradisional. Praktikum dilakukan dalam kelompok, dengan masing-masing kelompok diberi kebebasan untuk memilih produk fermentasi yang akan dibuat. Siswa belajar tentang produk lokal tradisional, seperti pembuatan mandai dan bakteri yang membantu proses fermentasi, melalui buku saku. Siswa dapat memilih bahan fermentasi apa yang akan dibuat selama praktikum. Produk fermentasi mandai mudah dibuat dan dapat digunakan dengan limbah kulit cempedak. Dalam Kurikulum Merdeka,

pembelajaran dirancang agar lebih fleksibel dan kontekstual. Salah satu prinsip utamanya adalah mengaitkan materi dengan lingkungan dan kehidupan nyata peserta didik, termasuk memanfaatkan potensi lokal. Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek, 2024), pembelajaran dirancang untuk mengembangkan potensi peserta didik melalui pendekatan kontekstual dan berbasis lingkungan sekitar.

Aktivitas yang dilakukan oleh guru dan siswa memerlukan beberapa komponen pembelajaran. Komponen pembelajaran tersebut meliputi tujuan pembelajaran, materi, pendidik atau guru, siswa, metode, lingkungan, media pembelajaran, serta evaluasi (Sukiyasa, Kadek, & Sukoco 2013). Salah satu komponen terpenting dalam proses pembelajaran adalah media pembelajaran. Buku saku dapat dijadikan sebagai media pembelajaran, karena memiliki beberapa manfaat salah satunya adalah efisien dalam waktu (Jehanut, 2021). Buku saku yang dibuat dalam penelitian ini adalah buku saku yang berjudul "Kelayakan Buku Saku Submateri Bioteknologi Konvensional dari Hasil Isolasi, Karakterisasi, dan Hubungan Filogenetik Bakteri Asam Laktat pada Produk Fermentasi Mandai Kulit Cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng)". Buku saku berukuran 12 x 9 cm dan berisi uraian materi, beberapa petunjuk melakukan dasar isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik BAL produk fermentasi mandai, deskripsi hasil identifikasi, glosarium, dan lain-lain.

Media buku saku memiliki beberapa keunggulan yaitu ukuran relatif kecil, gambar yang menarik sesuai materi dan di *print full colour* sehingga menarik

perhatian siswa untuk membaca. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wardhani (2012) penyajian buku saku ini menggunakan banyak gambar dan warna sehingga memberikan tampilan yang menarik. Siswa cenderung menyukai bacaan yang menarik dengan sedikit uraian dengan banyak gambar atau warna. Rancangan buku saku menurut Nurmalia, Iswan, Prasanti, Syahidah, & Azizah (2022), mempunyai beberapa kelebihan seperti 1) mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu 2) dapat dibuat model rangkuman atau terperinci karena banyak mengulas tentang materi yang disampaikan. Menurut Nurjannah & Dwi (2019) buku saku yang dikemas dengan berbagai tulisan dan gambar- gambar yang menarik sehingga dapat menumbuhkan motivasi siswa untuk mempelajari materi yang ada pada buku saku.

Berdasarkan uraian di atas menunjukkan pentingnya buku saku submateri bioteknologi konvensional dari hasil isolasi, karakterisasi, hubungan filogenetik BAL pada produk fermentasi kulit cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng). Bioteknologi konvensional dengan metode isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik BAL merupakan pembahasan yang penting dalam materi bioteknologi sekolah karena memberikan landasan yang kuat untuk pemahaman konsep dasar biologi, pengembangan keterampilan praktis, dan pemberdayaan siswa untuk terlibat dalam penelitian dan inovasi di bidang bioteknologi. Maka dari itu peneliti tertarik untuk mengangkat judul “Kelayakan Buku Saku Submateri Bioteknologi Konvensional dari Hasil Isolasi, Karakterisasi, dan Hubungan Filogenetik Bakteri

Asam Laktat pada Produk Fermentasi Mandai Kulit Cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng)".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian kelayakan buku saku submateri bioteknologi konvensional dari hasil isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik BAL pada produk fermentasi mandai kulit cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng) yaitu sebagai berikut

1. Bagaimana karakteristik morfologi, fisiologi, dan genetik BAL yang diisolasi dari produk fermentasi mandai?
2. Bagaimana kelayakan buku saku submateri bioteknologi konvensional dari hasil karakterisasi BAL dalam produk fermentasi mandai?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi karakteristik morfologi, fisiologi dan, genetik BAL yang diisolasi dari produk fermentasi mandai.
2. Untuk mengetahui kelayakan buku saku submateri bioteknologi konvensional dari hasil karakterisasi BAL dalam produk fermentasi mandai.

D. Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat dalam pendidikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Berikut beberapa manfaat dari penelitian mengenai kelayakan buku saku submateri bioteknologi konvensional dari hasil isolasi, karakterisasi,

dan hubungan filogenetik BAL pada produk fermentasi mandai kulit cempedak (*Artocarpus champeden* Spreng):

1. Bagi Siswa
    a. Penelitian ini dapat memberikan siswa pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep dan prinsip bioteknologi konvensional, terutama dalam konteks penggunaan BAL dalam proses fermentasi makanan.
    b. Siswa mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang proses fermentasi dan peran mikroorganisme, khususnya BAL, dalam produksi makanan fermentasi seperti mandai.
2. Bagi Guru

    Penelitian ini dapat menjadi alternatif guru berupa media buku saku yang dapat digunakan dalam penyampaian pembelajaran biologi pada submateri bioteknologi konvensional dan memperoleh informasi tambahan tentang produk-produk bioteknologi konvensional.
3. Bagi Sekolah
    a. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kurikulum sekolah, terutama dalam bidang bioteknologi dan ilmu pangan. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan untuk memperkaya materi pelajaran dan menyesuaikannya dengan perkembangan terkini di bidang ilmu pengetahuan.
    b. Penelitian ini dapat meningkatkan kualitas pengajaran dalam bidang bioteknologi, menyajikan informasi yang terkini dan relevan kepada

siswa, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna.

4. Bagi Peneliti
    a. Peneliti mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang konsep bioteknologi konvensional, khususnya dalam konteks penggunaan BAL dalam proses fermentasi mandai.
    b. Menambah *skill* dalam membuat buku saku sebagai media pembelajaran
5. Bagi Pihak Lain
    a. Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang berharga bagi lembaga pendidikan dan penelitian.
    b. Informasi dan metodologi yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran dan penelitian lanjutan dalam program akademik yang terkait dengan bioteknologi pangan, mikrobiologi, dan ilmu pangan lainnya.

E. Ruang Lingkup Penelitian dan Definisi Operasional

1. Buku Saku

Menurut Yani, Ramadhan, & Habib (2021) buku saku adalah buku dengan ukuran kecil seukuran saku sehingga efektif untuk dibawa kemana-mana dan dapat dibaca kapan saja pada saat dibutuhkan. Buku saku yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah buku saku yang berisi submateri bioteknologi konvensional yang dipelajari di kelas X SMA pada semester 2. Buku saku yang dibuat terdiri dari 3 bagian yaitu bagian pendahuluan, bagian

isi, dan bagian penutup. Isi desain buku saku dibuat menampilkan pengertian bioteknologi konvensional, langkah-langkah pembuatan mandai, hasil isolasi, karakterisasi, dan hubungan filogenetik, glosarium, dan daftar pustaka. Buku saku yang dibuat dalam penelitian ini berukuran 12 x 9 cm. Pemilihan media buku saku karena buku saku dapat memuat informasi yang ingin disampaikan dalam jumlah banyak, mengandung unsur teks, gambar, foto, dan warna.

2. Kelayakan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kelayakan berarti perihal layak (patut, pantas), perihal yang dapat (pantas/patut) dikerjakan. Kelayakan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kepantasan media yaitu buku saku yang telah dibuat divalidasi oleh 2 orang dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Tanjungpura dan 3 orang guru mata pelajaran biologi. Media dikatakan layak apabila perhitungan skor CVR dan CVI memenuhi nilai batas minimum berdasarkan pada Lawshe (1975) yaitu 0,99.

3. Submateri Bioteknologi Konvensional

Ruang lingkup materi bioteknologi antara lain yaitu submateri bioteknologi konvensional, bioteknologi modern, kultur jaringan tumbuhan, kloning, bayi tabung, hibridoma, teknik plasmid, peranan mikroorganisme dalam bioteknologi, praktikum bioteknologi konvensional (STEM), dan dampak negatif dari bioteknologi. Submateri yang dimaksud dalam penelitian ini adalah submateri bioteknologi konvensional. Submateri tersebut membahas tentang produk-produk bioteknologi konvensional.

4. Fermentasi Mandai

Menurut Suryani, Hernaman, & Ningsih (2017) fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Mandai adalah salah satu produk fermentasi bagian dalam dari kulit buah cempedak yang dibuat melalui fermentasi dalam larutan garam bertujuan untuk mengawetkan dan memperpanjang umur simpan produk, memanfaatkan limbah dari buah cempedak, dan mendukung program diversifikasi pangan (Rahmadi, 2018). Dalam penelitian ini pembuatan mandai dilakukan dengan cara fermentasi kulit buah cempedak yang ditambahkan garam pada proses pembuatannya. Tingkat kematangan buah cempedak yang digunakan dalam penelitian ini adalah matang yang ditandai dengan kulit bagian luar yang menguning.

5. Isolasi, Karakterisasi dan Hubungan Filogenetik

Menurut Mikdarullah & Nugraha (2017) isolasi merupakan suatu cara untuk memindahkan mikroba dari lingkungan ke dalam medium buatan dan menumbuhkannya pada media buatan untuk didapatkan biakan murni. Dalam penelitian ini pemisahan bakteri diperlukan untuk menentukan jenisnya, seperti karakter morfologi, fisiologi dan hubungan filogenetik. Karakterisasi merupakan proses menentukan karakter, dalam ilmu biologi karakterisasi makhluk hidup yaitu penentuan karakter baik morfologi, fisiologi maupun hubungan filogenetik. Dalam penelitian ini karakterisasi dilakukan secara morfologi, fisiologi dan hubungan filogenetik BAL. Menurut Fietri, Razak, &

Ahda (2021) filogenetik adalah suatu metode yang sering digunakan dalam sistematika untuk memahami makhluk hidup melalui rekonstruksi hubungan kekerabatan (*phylogenetic relationship*). Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kekerabatan BAL dilakukan dengan pembuatan pohon filogenetik melalui perangkat lunak MEGA (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*).

6. Bakteri Asam Laktat (BAL)

Menurut Okfrianti, Darwis, & Pravita (2018) BAL adalah sejenis bakteri gram positif, tidak menghasilkan spora, berbentuk bulat atau batang dan memproduksi asam laktat sebagai produk akhir metabolik utama selama proses fermentasi. Dalam penelitian ini dibatasi pada bakteri asam laktat dan tidak mencakup mikroorganisme lain yang mungkin ada dalam produk fermentasi mandai.