

# turnitin sidang.pdf

by Indra Hartono

---

**Submission date:** 13-Feb-2026 02:31PM (UTC+0900)

**Submission ID:** 2878163648

**File name:** turnitin\_sidang.pdf (1.54M)

**Word count:** 14826

**Character count:** 97717

**UNIVERSITAS FUNGI PADA PENCERNAAN IKAN MAS SINYONYA**  
**(Sebagai Rekomendasi Konten Pembelajaran Pada Sub Konsep Kingdom**  
**Fungi)**

**1**  
**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)



Disusun Oleh:

LAYA RHAHILLIA  
2224200054

**JURUSAN PENDIDIKAN BIOLOGI**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**  
**2026**

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu komoditas ikan yang umum dibudidayakan di Indonesia. Berdasarkan data statistik dari Kementerian Kelautan dan Perikanan, (2025), menunjukkan produksi ikan mas periode tahun 2023-2024 meningkat 8,36%, dengan produksi pada tahun 2024 mencapai 523.795 ton. Ikan Mas Sinyonya, yang telah diakui secara resmi melalui Keputusan Menteri Pertanian Nomor 837/KPTS/IK.120/7/1999, merupakan salah satu ras ikan mas lokal Provinsi Banten yang berkontribusi terhadap produksi perikanan Indonesia dan berpotensi dalam mendukung ketahanan pangan global. Ikan Mas Sinyonya dengan keunggulan meliputi jumlah telur yang dihasilkan mencapai 85.000-125.000 butir per kilogram, dan tingkat keberhasilan hidup mencapai 80-90%, menjadikan ikan ras ini sebagai pilihan ideal untuk pengembangan budidaya skala besar (DPJB, 2016). Hal ini tidak hanya mendukung peningkatan produksi perikanan nasional, tetapi juga membuka peluang ekonomi yang menjanjikan bagi para pembudidaya, sejalan dengan upaya peningkatan perekonomian masyarakat dan ketahanan pangan.

Secara umum, performa biologis ikan, termasuk tingkat kelangsungan hidup ikan, dipengaruhi oleh kondisi fisiologis yang optimal, salah satunya melalui sistem pencernaan yang menghasilkan enzim-enzim pencernaan berperan dalam pemanfaatan nutrisi pakan (Putri *et al.*, 2016; Fadhila *et al.*, 2024). Saluran pencernaan ikan adalah tempat penting untuk proses ikan mencerna pakan dan menguraikannya menjadi nutrisi yang dapat diserap. Pada saluran tersebut, selain organ pencernaan terdapat mikroorganisme yang juga memainkan peran dalam pencernaan melalui pemecahan molekul senyawa kompleks dari makanan, serta penyerapan nutrisi untuk menghasilkan energi (Ganguly *et al.*, 2012).

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi mikrobiota di saluran cerna ikan mas dan umumnya memfokuskan penelitian pada komunitas bakteri (Nisa *et al.*, 2023; Bella *et al.*, 2020; Choirunisa *et al.*, 2025). Padahal, komunitas mikroorganisme di saluran cerna ikan tidak hanya tersusun atas bakteri, tetapi juga mencakup fungi yang berpotensi memiliki peran fisiologis. Namun,

penelitian mengenai keberadaan fungi pada sistem saluran cerna ikan mas masih relatif terbatas. Fungi diketahui berperan dalam menjaga fungsi normal proses fisiologis, kesehatan jaringan, serta mendukung perkembangan sistem kekebalan tubuh ikan mas (Liao *et al.*, 2023; Pietrzak *et al.*, 2020; Machuca *et al.*, 2022). Terdapat beberapa penelitian menunjukkan pentingnya fungi dalam menjaga kesehatan usus dan memengaruhi sistem kekebalan tubuh ikan. Penelitian yang dilakukan oleh (Caruffo *et al.*, 2015) melaporkan bahwa terdapat empat spesies yeast yang diisolasi dari usus ikan berpotensi menjadi probiotik untuk meningkatkan kesehatan ikan yaitu *Debaryomyces hansenii*, *Candida deformans*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Yarrowia lipolytica*. Fungi tersebut menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan kelangsungan hidup Ikan Zebra yang terinfeksi bakteri *Vibrio anguillarum*. Penelitian lain menunjukkan bahwa fungi dalam saluran pencernaan ikan seperti *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida sp.*, *Rhodotorula sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, dapat menghasilkan enzim-enzim pencernaan dan produksi metabolit sekunder seperti asam organik, senyawa antioksidan, polyketides dan terpenoid yang membantu dalam pemecahan nutrisi kompleks, serta meningkatkan sistem kekebalan dan resistensi terhadap patogen (Gonçalves & Gallardo-Escárate, 2017; Wang *et al.*, 2018)

Beberapa spesies fungi juga dapat bersifat patogenik atau memiliki efek negatif pada kesehatan ikan. Penelitian terbaru telah mengidentifikasi potensi bahaya dari pertumbuhan fungi yang berlebihan atau invasi oleh spesies fungi patogen dalam sistem pencernaan ikan. Salah satu contoh, yaitu terjadinya infeksi oleh *Saprolegnia sp.* dan *Aphanomyces sp.* telah dilaporkan menyebabkan penyakit *saprolegniasis* dan *Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS)* pada berbagai spesies ikan, mengakibatkan kerusakan jaringan dan kematian (Verma, 2023). Oleh karena itu, penting untuk memahami keberadaan dari diversitas fungi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai profil mikroorganisme pencernaan pada Ikan Mas Sinyonya serta menjadi referensi untuk kajian mikrobiota saluran cerna pada ikan lainnya.

Selain kontribusinya terhadap pemahaman mikrobiologi akuatik, hasil penelitian tentang diversitas fungi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya juga memiliki potensi aplikatif dalam bidang pendidikan, khususnya sebagai sumber

pembelajaran kontekstual yang relevan dengan kondisi lokal. Hasil penelitian mengenai diversitas fungsi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya, berpotensi untuk diintegrasikan ke dalam konten pembelajaran berbasis kontekstual bagi siswa SMA kelas X pada materi keanekaragaman hayati, sub konsep kingdom fungi. Konten pembelajaran yang dibuat disajikan dalam bentuk bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan siswa berdasarkan hasil analisis kebutuhan pada 3 Sekolah Menengah Atas (SMA) yang mewakili Kota Serang dan Kabupaten Pandeglang (Lampiran 3 dan 5). Penyusunan konten pembelajaran ini mengacu pada capaian pembelajaran pada jenjang fase E atau kelas X kurikulum merdeka pada konsep keanekaragaman hayati.

Pengintegrasian hasil penelitian ilmiah terkini ke dalam materi pembelajaran di sekolah dapat meningkatkan kualitas pendidikan sains dan memotivasi siswa untuk lebih tertarik pada ilmu pengetahuan (Wilujeng *et al.*, 2019). Namun, seringkali materi yang disajikan terbatas pada contoh-contoh umum dan kurang kontekstual dengan lingkungan lokal siswa. Penggunaan hasil penelitian lokal dalam pembelajaran menjadi salah satu alternatif bagi siswa untuk memahami konsep dan contoh yang relevan, meningkatkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan proses sains, keterampilan ilmiah seperti observasi, analisis data, dan penarikan kesimpulan, serta meningkatkan kesadaran siswa tentang biodiversitas dan pentingnya konservasi (Lase *et al.*, 2016; Rahardini *et al.*, 2017; Shufa, 2018).

Penelitian tentang diversitas fungsi pada Ikan Mas Sinyonya yang dijadikan sebagai rekomendasi konten pembelajaran untuk sub konsep fungsi di tingkat SMA, tidak hanya memberikan contoh nyata tentang aplikasi konsep fungsi dalam kehidupan sehari-hari, tetapi juga mendemonstrasikan metode penelitian ilmiah yang dapat menginspirasi siswa untuk mengembangkan keterampilan dan kesadaran terhadap biodiversitas dan pentingnya konservasi. Sehingga, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran biologi dan pemahaman siswa tentang peran penting fungsi dalam ekosistem akuatik lokal. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Diversitas Fungsi pada Pencernaan Ikan

Mas Sinyonya (*Cyprinus carpio*) (Sebagai Rekomendasi Konten Pembelajaran pada Sub Konsep Kingdom Fungi)”).

25

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah tersebut, maka dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana diversitas fungi yang terdapat dalam saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya?
2. Bagaimana analisis implikasi hasil penelitian terhadap konten pembelajaran biologi?

10

### **C. Tujuan**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan diadakan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui diversitas fungi dalam saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya.
2. Mengetahui implikasi hasil penelitian terhadap konten pembelajaran biologi.

49

### **D. Manfaat**

Penelitian ini dilakukan dengan harapan memberikan manfaat, yaitu:

1. Memberikan informasi baru terkait hasil identifikasi dan diversitas fungi dalam saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya (*Cyprinus carpio*).
2. Memberikan informasi dasar untuk pengembangan probiotik berbasis fungi yang spesifik untuk Ikan Mas Sinyonya, serta membantu dalam formulasi pakan yang lebih efisien dan ramah lingkungan
3. Dijadikan sebagai dasar untuk mengembangkan materi pembelajaran di bidang biologi atau ilmu hayati lainnya dengan merekomendasikan peningkatan konten pembelajaran tentang fungi dan hubungannya dengan Ikan Mas Sinyonya di tingkat pendidikan menengah atas (SMA).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Ikan Mas Sinyonya Sebagai Komoditas Lokal Unggul

Ikan Mas Sinyonya merupakan salah satu ras ikan mas lokal yang berkembang di Provinsi Banten dan telah lama dibudidayakan oleh masyarakat. Ikan ini dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan pemeliharaan serta tingkat kelangsungan hidup yang relatif tinggi, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai komoditas perikanan air tawar (Supriyatna, 2013). Ikan mas merupakan sumber protein hewani yang baik dengan kandungan protein sekitar 18-20% dari berat basahnya. Mereka juga kaya akan asam lemak omega-3, terutama EPA (*Eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*Docosahexaenoic acid*) (Pilecky *et al.*, 2022).

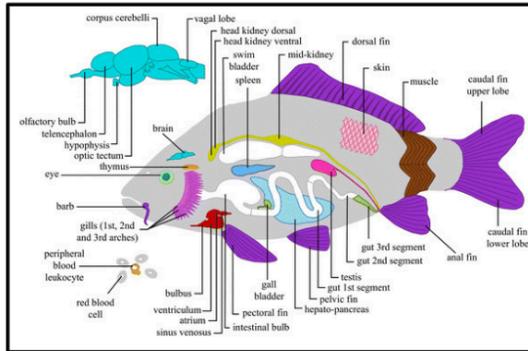
Ikan mas sinyonya memiliki bentuk tubuh memanjang dan punggungnya lebih rendah dibandingkan dengan ikan mas punten. Perbandingan antara panjang dan tinggi badannya sekitar 3,66:1. Sisik ikan mas ini berwarna kuning muda seperti warna jeruk sitrus. Ikan yang masih muda, matanya sedikit menonjol dan setelah berusia dewasa matanya menjadi sipit. Ikan mas sinyonya merupakan ikan yang lebih jinak dibandingkan ikan ras punten dan suka berkumpul di permukaan air (Ariyanto *et al.*, 2014; Prawesti *et al.*, 2015).



Gambar 2. 1 Morfologi Ikan Mas Sinyonya. Garis Skala Menunjukkan 1 cm.

Tubuh ikan mas terbagi tiga bagian, yaitu kepala, badan, dan ekor (Gambar 2.1). Ikan mas memiliki mulut kecil yang dapat disembulkan (*protrusible*) dengan dua pasang sungut (*barbels*) di sekitar mulutnya, membelah bagian depan kepala,

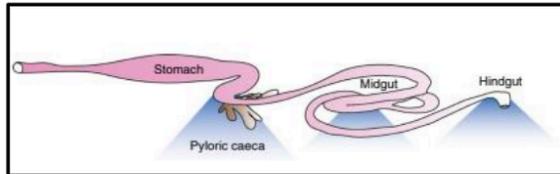
sepasang mata, sepasang lubang hidung terletak di bagian kepala, dan tutup insang terletak di bagian belakang kepala. Seluruh bagian tubuh ikan mas ditutupi dengan sisik yang besar, dan berjenis *cycloid* yaitu sisik halus yang berbentuk lingkaran. Ikan Mas memiliki lima buah sirip, yaitu sirip punggung yang terletak di bagian punggung (*dorsal fin*) panjang dengan bagian depan yang bergerigi, sirip dada yang terletak di belakang tutup insang (*pectoral fin*), sirip perut yang terletak pada perut (*pelvic fin*), sirip dubur yang terletak di belakang dubur (*anal fin*) dan sirip ekor yang terletak di belakang tubuh dengan bentuk cagak (*caudal fin*) sirip ekor (caudal fin) bercabang dua (Ota, 2021).



Gambar 2. 2 Anatomi Ikan Mas  
[Sumber : (Kolder *et al.*, 2016)]

Ikan mas, seperti halnya ikan air tawar lainnya, memiliki anatomi sistem pencernaan yang khas yang mendukung kehidupan dan pertumbuhannya di lingkungan akuatik. Anatomi sistem pencernaan ikan mas mencakup sejumlah organ dan struktur yang penting untuk mencerna makanan dengan efisien. Mulut ikan mas, yang dilengkapi dengan gigi faring, memungkinkannya untuk menangkap dan mengunyah makanan sebelum memasukkannya ke dalam kerongkongan. Selanjutnya, makanan bergerak melalui kerongkongan menuju lambung, di mana pencernaan mekanis dan kimiawi dimulai. Lambung menghasilkan asam lambung dan enzim pencernaan yang membantu dalam pemecahan makanan menjadi komponen yang lebih sederhana. Setelah proses pencernaan di lambung, makanan yang tercerna bergerak ke usus, di mana penyerapan nutrisi terjadi. Ikan mas

memiliki usus yang panjang untuk memastikan bahwa sebanyak mungkin nutrisi yang terkandung dalam makanan diserap sebelum sampai ke anus untuk pembuangan limbah. Selain itu, hati dan pankreas juga berperan penting dalam sistem pencernaan ikan mas dengan memproduksi enzim-enzim tambahan untuk mencerna makanan (Farak *et al.*, 2014; Ferdiansyah *et al.*, 2022).



Gambar 2. 3 Saluran Pencernaan Ikan Mas  
[Sumber : Kokou *et al.*, 2019]

Menurut beberapa peneliti taksonomi dan klasifikasi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn.) adalah sebagai berikut:

Kingdom	:	Animalia
Filum	:	Chordata
Subfilum	:	Vertebrata
Kelas	:	Actinopterygii
Ordo	:	Cypriniformes
Subordo	:	Cyprinoidea
Famili	:	Cyprinidae
Subfamili	:	Cyprininae
Genus	:	<i>Cyprinus</i>
Spesies	:	<i>Cyprinus carpio</i> Linn.

(Sumber : ITIS, 2024)

Ikan mas adalah ikan air tawar yang bersifat poikilotermik, artinya suhu tubuhnya mengikuti suhu lingkungan. Ikan ini memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap variasi suhu dan kadar oksigen terlarut. Ikan mas dapat mentolerir suhu air antara 3°C hingga 35°C, dengan suhu optimal antara 20°C hingga 25°C. Sistem osmoregulasi ikan mas sangat efisien, memungkinkan mereka untuk beradaptasi dengan berbagai tingkat salinitas (Latif, 2022; Peteri *et al.*, 2009).

Kisaran toleransi pH air tempat hidup Ikan Mas Sinyonya sekitar 5,5 - 8,5. Habitat Ikan Mas Sinyonya berada di perairan tawar yang airnya tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, seperti di pinggiran sungai, danau, dan kolam (Khairuman, 2013). Ikan mas dapat bertahan hidup dalam kondisi air yang kurang ideal, termasuk air yang memiliki kadar oksigen rendah. Ikan mas memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perubahan iklim, yang memungkinkan mereka untuk memperluas habitat mereka di berbagai wilayah geografis (Peteri *et al.*, 2009).

Ikan mas Sinyonya tergolong jenis omnivora, yaitu ikan yang dapat memangsa berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari tumbuhan maupun binatang renik. Namun, makanan utamanya adalah tumbuhan dan hewan yang terdapat di dasar dan tepi perairan. Siklus reproduksi ikan mas dimulai dari dalam gonad, yakni ovarium pada betina dan testis pada jantan. Dari ovarium akan dihasilkan telur, dan dari testis dihasilkan spermatozoa. Pemijahan ikan mas dapat terjadi sepanjang tahun dan tidak tergantung pada musim. Tahapan perkembangan Ikan Mas Sinyonya berdasarkan SNI : 01- 6136 – 1999 dimulai dari larva, kebul, putihan, belo, hingga sangkal. Fekunditas atau jumlah telur sinyonya berkisar 85.000-135.000 per kilo-gram bobot badannya. Diameter telur yang dihasilkan mencapai 0,3-1,5 mm. Induk sinyonya jantan akan mengalami matang kelamin pertama pada umur 8 bulan. Sementara itu, kelamin betina akan matang pada umur 18 bulan (Supriyatna, 2013).

#### **B. Fungi Sebagai Mikroorganisme dalam Saluran Pencernaan Ikan Mas**

Mikroorganisme pada saluran pencernaan sangat penting untuk pertumbuhan optimal dan kelangsungan hidup ikan sebagai inang (Reinoso *et al.*, 2023). Sehingga, mikroorganisme yang berada di usus ikan telah dipelajari pada banyak spesies ikan, hal ini sangat memperkaya pemahaman tentang interaksi kompleks yang terjadi antara mikroorganisme yang berada di usus ikan dan inangnya (Talwar *et al.*, 2018).

Sistem kekebalan usus, yang dikenal sebagai jaringan limfoid terkait usus atau *Gut Associated Lymphoid Tissues* (GALT), tidak hanya menyediakan pertahanan terhadap agen infeksi tetapi juga mengatur imunitas pada saluran pencernaan. Mikroba pencernaan memainkan peran penting dalam pengembangan

dan pematangan GALT, yang pada gilirannya memediasi berbagai fungsi kekebalan tubuh. Interaksi yang kompleks dan terintegrasi antara epitel, komponen imun di mukosa dan mikroba bertanggung jawab untuk pengembangan dan pematangan kekebalan terkait usus inangnya (Porter *et al.*, 2022). Salah satu kelompok mikroorganisme pencernaan yang turut berperan dalam sistem pencernaan ikan adalah fungi. Fungi pada ikan dapat ditemukan pada bagian internal tubuh seperti saluran pencernaan (Liao *et al.*, 2023; Özcan & Arserim, 2022).

Perkembangan klasifikasi fungi terus berlanjut seiring dengan penemuan spesies baru dan kemajuan dalam analisis genetik dan filogenetik. Klasifikasi fungi terbaru sering kali didasarkan pada informasi genetik molekuler, yang memungkinkan para ilmuwan untuk memahami hubungan evolusioner antara spesies secara lebih baik. Saat ini, klasifikasi fungi umumnya mengikuti sistem klasifikasi yang disusun oleh para ahli mikologi, termasuk panduan dari *International Society for Fungal Taxonomy* (ISFT) dan *Database of Fungal Names* (Index Fungorum). Klasifikasi filogenetik Fungi berdasarkan database *Assembling the Fungal Tree of Life* (AFTOL) yang didanai oleh *US National Science Foundation* membagi kingdom menjadi 10 filum, 12 subfilum, 36 kelas, 21 subkelas, dan 129 ordo.

Fungi pencernaan mempunyai hubungan mutualisme dengan inangnya, yaitu memanfaatkan inang sebagai tempat hidupnya. Fungi intestinal yang melekat pada dinding usus masuk melalui air atau bersama dengan makanan atau partikel makanan yang dicerna. Mikroorganisme seperti fungi memiliki peran pada pengaturan proses biologis dan fisiologis. Fungi yang berada pada pencernaan berperan dalam kesehatan karena kemampuannya dalam proses pencernaan dan asimilasi nutrient. Selain itu, berperan dalam menjaga fungsi normal proses fisiologis dan kesehatan jaringan serta mendorong perkembangan sistem kekebalan tubuh (Taha *et al.*, 2023; Onomu & Okuthe, 2024)

Fungi pencernaan pada ikan mas berperan dalam proses pencernaan dan penyerapan nutrisi. Fungi ini menghasilkan berbagai enzim ekstraseluler yang membantu memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana (El-Gendi *et al.*, 2021). Fungi juga berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota

usus dan meningkatkan sistem kekebalan ikan (Gatesoupe, 2007). Beberapa fungi dapat menghasilkan senyawa antimikroba yang membantu melindungi ikan dari patogen (Liao *et al.*, 2023). *Saccharomyces cerevisiae*, merupakan salah satu contoh fungi yang telah terbukti menghasilkan enzim amilase, lipase, dan protease yang membantu pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein. Mekanisme kerjanya melibatkan sekresi enzim-enzim ini ke dalam lumen usus, di mana mereka membantu memecah molekul makanan kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk penyerapan (Rachmawati *et al.*, 2025)

Beberapa genus fungi yang umum ditemukan pada saluran pencernaan ikan mas sinyonya antara lain *Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Candida*, *Trichosporon*, dan *Rhodotorula*. *Saccharomyces cerevisiae*, telah terbukti memiliki efek probiotik yang menguntungkan bagi kesehatan ikan dan meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pakan, serta respons imun (Caruffo *et al.*, 2015). Penelitian mengenai diversitas fungi pada intestinal Ikan Coral yang dilakukan Liao *et al.*, (2023) melaporkan bahwa sekitar 51,4% isolat fungi yang diuji menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap setidaknya satu mikroorganisme patogen.

*Candida* spp. juga sering ditemukan dalam saluran pencernaan ikan mas. Meskipun beberapa spesies *Candida* bersifat komensal dan tidak berbahaya, beberapa dapat menjadi patogen oportunistik dalam kondisi tertentu. *Candida tropicalis*, yang sering ditemukan dalam saluran pencernaan ikan mas, telah terbukti membantu dalam penyerapan mineral seperti seng dan mangan. Fungi ini menghasilkan *siderophore* yang dapat mengikat mineral-mineral ini dan membuatnya lebih tersedia untuk penyerapan oleh ikan (Siangpro *et al.*, 2023). Sebaliknya, terdapat fungi patogen yang dapat menyebabkan infeksi sistemik pada ikan mas jika sistem kekebalan tubuh ikan melemah atau terjadi ketidakseimbangan microbiota (Khalil, 2021).

*Aspergillus* dan *Penicillium* adalah genus fungi lain yang sering ditemukan pada lingkungan air tawar dan saluran pencernaan ikan mas dan. Kedua genus ini memiliki peran ganda yaitu dapat menghasilkan enzim yang membantu pencernaan (Heo *et al.*, 2019; Liao *et al.*, 2023). *Aspergillus niger* yang telah terbukti menghasilkan enzim pencernaan dan metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba. Senyawa-senyawa ini dapat membantu dalam mengendalikan

populasi bakteri patogen dalam usus ikan (Jasim *et al.*, 2022). Namun, beberapa spesies juga dapat memproduksi mikotoksin yang berbahaya bagi kesehatan ikan jika terdapat dalam jumlah berlebihan (Sarkar *et al.*, 2022)

Fungi golongan khamir (yeast) dikenal sebagai bagian dari mikrobiota normal ikan. Genus *Rhodotorula* relatif sering ditemukan pada ikan air tawar dan laut (Gatesoupe, 2007). Penelitian yang dilakukan oleh Liao *et al.*, (2023) melaporkan bahwa terdapat 15 genus yang diketahui dalam penelitian diversitas fungi pada intestinal ikan menggunakan sample 3 spesies ikan, yaitu termasuk *Aspergillus*, *Penicillium*, *Talaromyces*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Clonostachys*, *Myrothecium*, *Parengyodontium*, *Trichoderma*, *Hypocrea*, *Microsphaeropsi*, *Schizophyllum*, *Rigidoporus*, dan *Cutaneotrichosporon*. Sekitar 51,4% isolat fungi yang diuji menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap setidaknya satu mikroorganisme patogen. Khamir *Debaryomyces hansenii* dapat meningkatkan aktivitas enzim pencernaan dan ekspresi gen terkait kekebalan pada ikan mas. *D. hansenii*, telah menunjukkan kemampuan untuk merangsang sistem kekebalan ikan mas. Mereka melakukan ini dengan memproduksi  $\beta$ -glukan dan mannan oligosakarida yang dapat meningkatkan aktivitas fagositosis dan produksi sitokin oleh sel-sel imun ikan. Hal ini mengakibatkan peningkatan resistensi terhadap pathogen (Machuca *et al.*, 2022).

Jenis fungi patogen yang biasa menginfeksi ikan seperti: *Aspergillus* spp., *Achlya bisexualis*, *Saprolegnia* spp., *Aphanomyces* sp. dan *Branchiomyces* sp. (Siddique *et al.*, 2009). Beberapa spesies fungi oportunistik seperti *Saprolegnia* sp. dan *Aphanomyces invadans* dapat menyebabkan infeksi serius pada ikan mas jika sistem kekebalan ikan melemah. Infeksi ini dapat menyebabkan lesi pada kulit dan organ internal, termasuk saluran pencernaan. Ikan- ikan yang sudah terkena penyakit ini kemungkinan kecil akan terus dapat bertahan hidup (Lindholm-Lehto & Pykkö, 2024; Bruce *et al.*, 2024).

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi diversitas fungi dalam saluran pencernaan ikan mas, yaitu kondisi lingkungan habitat ikan mas seperti kualitas air suhu, pH air, ketersediaan nutrisi, dan kepadatan mikroba lainnya, dapat mempengaruhi komposisi dan keragaman fungi dalam saluran pencernaan. Lingkungan yang stabil dan kaya nutrisi cenderung mendukung keragaman

mikroba, termasuk fungi (Gatesoupe, 2007). Faktor selanjutnya ialah jenis pakan yang diberikan kepada ikan mas dapat memengaruhi keragaman fungi dalam pencernaan mereka. Pemberian pakan yang bervariasi atau kaya akan karbohidrat kompleks dan serat dapat menghasilkan keragaman fungi yang lebih tinggi karena berbagai fungi memiliki kemampuan untuk mencerna berbagai jenis bahan organik (Ringø *et al.*, 2016).

Faktor genetik dari ikan mas juga dapat memengaruhi keragaman fungi dalam saluran pencernaan mereka. Variasi genetik dalam sistem kekebalan tubuh atau kemampuan pencernaan ikan dapat mempengaruhi jenis dan jumlah fungi yang dapat hidup dan berkembang di dalam pencernaan mereka (Anka *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2013) Metode budidaya, termasuk sistem pemeliharaan (kolam, karamba, sistem resirkulasi), dapat mempengaruhi komunitas fungi usus. Ikan mas yang dipelihara dalam sistem resirkulasi akuakultur (RAS) memiliki komunitas fungi usus yang berbeda dibandingkan dengan ikan yang dipelihara di kolam tradisional. Perubahan musim dapat mempengaruhi keberadaan fungi melalui perubahan suhu air, ketersediaan makanan alami, dan faktor lingkungan lainnya. Stres kronis pada ikan mas dapat menyebabkan pergeseran dalam komposisi fungi usus, dengan peningkatan proporsi fungi oportunistik (Lu *et al.*, 2025; Liang *et al.*, 2024)

### **C. <sup>1</sup> Sub Konsep Kingdom Fungi sebagai Rekomendasi Konten Pembelajaran Biologi**

Proses pembelajaran merupakan suatu rangkaian kegiatan edukatif yang melibatkan berbagai komponen dan tahapan untuk mencapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan (Sariani *et al.*, 2020). Dalam pelaksanaannya, proses ini mencakup beberapa fase seperti perencanaan strategis, pemilihan pendekatan yang tepat, implementasi yang efektif, serta evaluasi dan refleksi yang mendalam (Widyanto & Wahyuni, 2020).

<sup>52</sup> Salah satu disiplin ilmu yang diajarkan di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) adalah biologi, yang menekankan pada pemahaman interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya serta konsep-konsep fundamental dalam ilmu hayati (Ziraluo, 2021). Keberhasilan pembelajaran biologi sangat bergantung pada pemilihan konten yang relevan serta ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai, termasuk bahan ajar yang berkualitas (Ningsih *et al.*, 2023).

Pembelajaran Biologi di SMA pada kurikulum merdeka, terjadi pengurangan materi pada beberapa topik, termasuk materi fungi, yang kini tidak lagi dibahas secara mendalam. Mengingat karakteristik materi fungi yang cenderung abstrak dan kompleks (Yarza *et al.*, 2021), diperlukan pendekatan pembelajaran kontekstual yang dapat membantu siswa mengaitkan konsep-konsep sulit dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari. Pengembangan konten pembelajaran biologi yang kontekstual dan selaras dengan kurikulum diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang otentik bagi peserta didik, sekaligus mempromosikan pemahaman tentang keanekaragaman hayati lokal dan peran penting fungi dalam ekosistem (Islawati & Arwien, 2025).

Penelitian tentang diversitas fungi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya (*Cyprinus carpio*) diharapkan memiliki implikasi yang signifikan terhadap pendidikan biologi, khususnya dalam pengajaran biodiversitas dan fungi. Integrasi temuan penelitian ini ke dalam kurikulum dapat memperkaya konten pembelajaran, sesuai dengan rekomendasi Timmis *et al.* (2019) tentang pentingnya literasi mikrobiologi dengan mengintegrasikan hasil penelitian ilmiah terkini dalam kurikulum untuk mempersiapkan siswa menghadapi perkembangan ilmu biologi modern. Pengayaan ini mencakup pengenalan konsep biodiversitas mikroorganisme di habitat yang tidak biasa, pembahasan tentang interaksi mikroba-inang, serta pengenalan teknik penelitian modern seperti metode molekuler dan analisis bioinformatika.

Hasil penelitian ini juga berpotensi untuk mengembangkan materi pembelajaran yang lebih kontekstual dan terbaru. Sejalan dengan pendapat Lederman *et al.*, (2013), integrasi pemahaman tentang sifat pengetahuan ilmiah dalam pembelajaran sains sangat penting. Pengembangan materi dapat mencakup modul pembelajaran interaktif, studi kasus berdasarkan penelitian nyata, dan penyediaan bahan bacaan terkini untuk meningkatkan literasi saintifik siswa. Dari segi metode pembelajaran, penelitian ini mendorong pengembangan pendekatan yang lebih inovatif dan berbasis inkuiri. Menurut Aditomo dan Klieme (2020), pembelajaran berbasis inkuiri dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan proses sains siswa. Ini dapat diwujudkan melalui praktikum berbasis

penelitian, proyek kolaboratif, dan pembelajaran berbasis masalah yang melibatkan skenario terkait kesehatan ikan atau ekosistem akuatik.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dalam memahami istilah pada sub materi cara reproduksi dan ciri karakteristik masing-masing divisi fungi yang seharusnya dapat dikuasai oleh siswa belum tercapai (Nadimah dan Raharjo, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Hoiroh (2020), melaporkan bahwa hasil angket respon siswa di SMA Negeri 1 Mojosari, didapatkan hasil sebesar 80% dari 20 siswa mengalami kesulitan belajar pada materi jamur pada sub materi klasifikasi jamur. Hal ini dapat disebabkan media pembelajaran yang terbatas yaitu hanya dari buku paket yang dirasa siswa hal tersebut monoton sehingga pembelajaran dinilai membosankan sehingga diperlukan penyajian materi yang menarik.

Siswa diperkenalkan pada diversitas fungi yang ditemukan dalam sistem pencernaan Ikan Mas Sinyonya sehingga guru dapat menyediakan contoh konkret tentang fungi yang berkontribusi pada biodiversitas secara keseluruhan. Siswa dapat mengidentifikasi dan mempelajari berbagai jenis fungi yang mungkin ada, serta memahami peran dan interaksi mereka dalam menjaga keseimbangan ekosistem air. Hal ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang keragaman hayati, termasuk konsep-konsep seperti interaksi simbiotik, kompetisi, dan keragaman genetik dalam kingdom Fungi. Sehingga, hubungan antara diversitas fungi dan pembelajaran konsep biodiversitas subkonsep Kingdom Fungi memberikan konteks yang relevan dan menarik bagi siswa untuk memahami pentingnya pelestarian dan pengelolaan keanekaragaman hayati. Melalui pemahaman ini, siswa dapat mengembangkan kesadaran akan nilai ekologis dan pentingnya menjaga keberagaman hayati untuk kesehatan ekosistem dan kelangsungan hidup manusia.

Konten pembelajaran tentang diversitas fungi intestinal pada Ikan Mas Sinyonya tidak hanya memberikan pengetahuan baru kepada siswa, tetapi juga berpotensi membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan penelitian, seperti pengamatan, analisis data, dan interpretasi hasil. Hal ini sesuai dengan pendekatan pembelajaran sains yang menekankan pada pengalaman langsung dan pengembangan keterampilan ilmiah yang relevan dalam memahami dan menjelaskan fenomena alam (Kurniawan, 2025).

### 4 III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2024 – November 2025, di Laboratorium Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Ikan Mas Sinyonya yang digunakan sebagai sampel penelitian ini diperoleh dari kolam perairan wisata Bukit Sinyonya, Desa Bandung, Kecamatan Banjar, Kabupaten Pandeglang, Banten. Lokasi tersebut dipilih secara purposif karena menjadi salah satu sentra budidaya Ikan Mas Sinyonya di wilayah Pandeglang, dengan sistem pemeliharaan semi-intensif. Pemilihan lokasi ini juga mempertimbangkan ketersediaan ikan dalam kondisi sehat dan representatif untuk menggambarkan kondisi mikrobiota saluran pencernaan pada ikan budidaya di lingkungan alami. Sampel yang digunakan hidup dalam kolam/tambak sebagai lingkungan pemeliharaannya (Gambar 3.1). Pengumpulan data observasi, wawancara, dan kuesioner dilakukan di SMAN 1 Pandeglang dan SMAN 2 Pandeglang dan SMAN 3 Kota Serang.



Gambar 3. 1 Tempat Budidaya Ikan Mas Sinyonya

#### 5 B. Alat dan Bahan

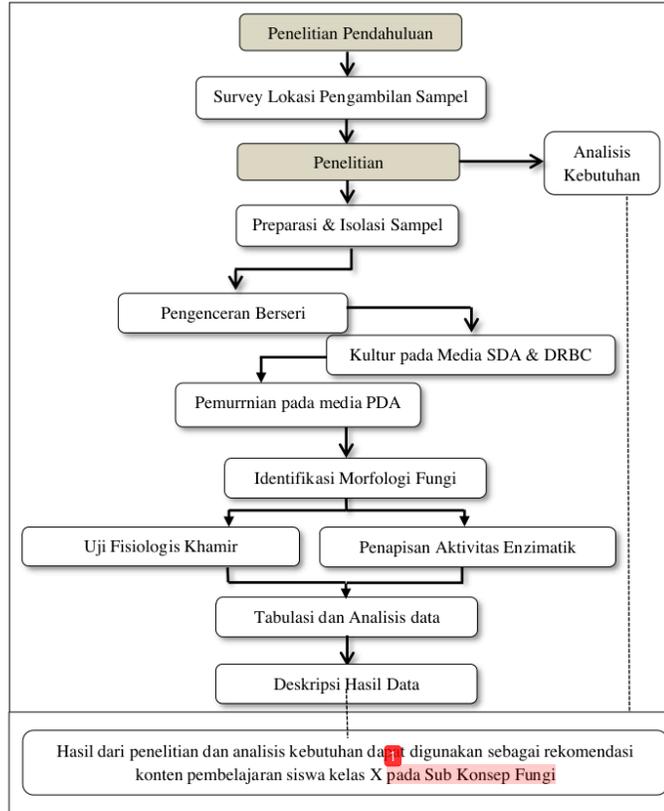
Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu *dissecting kit*, papan bedah, alat-alat kaca laboratorium, Autoklaf (WiseClave, WACS-1060, Daihan Scientific Co., Ltd., Korea), *Laminar Air Flow* (LAF Cabinet-Mayco), mikroskop cahaya (Leica DM500, Olympus CX23), mikroskop stereo (Meiji Tecno 47713), *Software* kamera (LAS EZ 3.4 DVD 272), *hot plate*, mikropipet (Bioeco, Germany), neraca digital (Portable Scale Model CL 201T), tip mikropipet, pinset,

lumpang dan alu, bunsen, jarum ose bulat, jarum ose lurus, spatula, kaca objek, kaca penutup, rak tabung reaksi, baskom dan korek api.

<sup>24</sup> Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah organ pencernaan Ikan Mas Sinyonya, <sup>20</sup> *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA), *Potato Dextrose Agar* (kentang 250 g/L, dekstrosa 20 g/L, agar 20 g/L), *Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol* (DRBC), *Skim Milk Agar*, *Starch Agar*, *Urea Agar Base*, urea, glukosa, maltosa, sukrosa, hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), antibiotik kloramfenikol 0,5 g/L, minyak imersi, *Lactofenol Cotton Blue*, lugol, aquades steril, alkohol 70%, spirtus, lateks, aluminium foil, *plastic wrap*, plastik anti panas, kasa/tissue steril, kapas, sedotan, selotip, kertas label, dan kertas A4.

### C. Prosedur Penelitian

Cara kerja yang digunakan pada proses penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel, pengenceran, kultur dan isolasi, pemurnian, identifikasi lalu hasil yang didapat diimplementasikan pada bidang pendidikan berdasarkan analisis kebutuhan yang dilakukan sesuai dengan Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Bagan Alir Cara Kerja Penelitian

### 1. Isolasi Fungi pada Pencernaan Ikan Mas Sinjanya

Pembedahan dilakukan pada Laboratorium Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Ikan ditimbang kemudian bagian nostril diusap dengan alkohol 70% menggunakan tissue. Tangan dan semua alat-alat yang digunakan untuk pengambilan organ pencernaan ikan disterilkan dengan alkohol 70%. Pembedahan merujuk pada penelitian (Bella *et al.*, 2020). Organ pencernaan seperti usus dan lambung diambil dengan tipe pembedahan “U”. Metode ini disebut pembedahan "U"

karena pola sayatan yang dibuat membentuk huruf U terbalik pada tubuh ikan. Dimulai dengan membuat potongan vertikal dari bagian anus memanjang ke arah punggung (dorsal) sampai garis gurat sisi, kemudian membuat potongan horizontal mengikuti garis gurat sisi hingga ke arah insang dan potong memanjang vertikal ke arah dada (ventral). Kemudian organ pencernaan tersebut dipisahkan dan dibersihkan.

Isolasi fungi dari pencernaan ikan mas Sinyonya merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Zaky & Ibrahim, 2017). Organ pencernaan mencakup lambung dan usus diambil untuk proses penggerusan dan pengenceran bertingkat. Teknik penanaman yang digunakan adalah metode sebar atau *spread plate*. Sebanyak 0,1 mL suspensi pada konsentrasi  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , dan  $10^{-5}$  diinokulasikan ke dalam cawan petri steril yang berisi media SDA dan DRBCA dalam kondisi aseptis di dalam Laminar Air Flow dan diinkubasi pada suhu  $27-30^{\circ}\text{C}$  selama 7 hari. Setelah periode inkubasi, koloni fungi yang tumbuh dipindahkan ke cawan petri dengan media pertumbuhan baru untuk dimurnikan secara bertahap hingga diperoleh kultur isolat murni.

## 2. Identifikasi Morfologi Fungi

Identifikasi fungi dilakukan melalui pendekatan fenotipik berdasarkan ciri morfologi dan karakteristik yang tampak. Pengamatan makroskopis fungi dilihat berdasarkan warna permukaan, tekstur permukaan, bentuk, elevasi atau ketinggian, bentuk tepi koloni. Identifikasi morfologi dilanjutkan dengan pengamatan secara mikroskopis menggunakan metode selotip dengan menempelkan selotip pada permukaan isolat fungi yang akan diidentifikasi, kemudian diletakan di atas kaca objek yang telah ditetesi *lactofenol cotton blue* lalu ditutup dengan kaca penutup. Preparat diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran  $10\times$  sampai  $100\times$  (Yuliatuti *et al.*, 2019).

Identifikasi mikroskopis mencakup pengamatan karakteristik hifa, bentuk spora, konidia, konidiofor, vesikel, dan ciri khusus lainnya yang menentukan suatu genus atau spesies tertentu yang disesuaikan dengan ciri dan karakteristik berdasarkan literatur. Fungi diamati menggunakan mikroskop dengan bantuan kamera opti lab dan *software* kamera LAS EZ. Identifikasi fungi dilakukan dengan mengacu pada manual yang tersedia dalam buku

Fungal Biodiversity, The Yeast: a taxonomy study, <sup>50</sup> *Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification, 6<sup>th</sup> Edition* (2018), Database The Yeast A Taxonomic Study (<https://theyeasts.org/>), Database GMBANK (<https://www.gmbank.org/>).

### 3. Uji Fisologis Khamir

Uji fisiologis khamir dilakukan melalui dua tahap, yaitu uji pertumbuhan <sup>36</sup> pada media cair dan uji fermentasi karbohidrat.

#### a. Uji Pertumbuhan pada Media Cair

Pertumbuhan <sup>36</sup> isolat khamir diuji menggunakan media cair Sabouraud Dextrose Broth (SDB). Isolat khamir <sup>13</sup> diinokulasikan secara aseptik ke dalam tabung yang berisi SDB dan diinkubasi pada suhu 28–30°C. Selama inkubasi, <sup>26</sup> pengamatan pertumbuhan dilakukan secara berkala meliputi keberadaan cincin di permukaan medium, pelikel (lapisan apung) dan endapan di dasar tabung. Pelikel dan endapan digunakan sebagai parameter kualitatif dalam studi pertumbuhan khamir dalam media cair untuk membandingkan kemampuan adaptasi dan pertumbuhan mikroba di medium cair (Jumiyati *et al.*, 2012).

#### b. Uji Fermentasi Karbohidrat

Untuk mengetahui kemampuan fermentasi <sup>26</sup> berbagai karbohidrat oleh isolat khamir, dilakukan uji fermentasi karbohidrat menggunakan media yang mengandung berbagai sumber karbon meliputi glukosa, sukrosa, dan maltose dengan penambahan fenol merah untuk memantau perubahan pH selama metabolisme gula oleh khamir. Inokulum khamir dipindahkan aseptik ke dalam tabung media masing-masing dengan glukosa, sukrosa dan maltosa sebagai sumber karbon utama. <sup>3</sup> Inkubasi dilakukan pada suhu 28–30 °C selama 48 jam. Indikator fermentasi ditandai dengan adanya gelembung <sup>40</sup> udara sebagai indikator aktivitas fermentasi gula oleh khamir, serta perubahan warna media dari <sup>40</sup> merah menjadi kuning akibat produksi asam. sementara fermentasi negatif ditandai dengan tidak adanya gelembung udara/gas (Anggraini *et al.*, 2022).

#### 4. Penapisan Isolat Fungi berdasarkan Potensi Enzimatik

Setelah isolat tumbuh, uji enzimatik dilakukan sebagai penapisan awal untuk menyeleksi isolat fungi berdasarkan kemampuan menghasilkan enzim tertentu secara kualitatif. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi enzimatik isolat yang ditunjukkan melalui terbentuknya zona bening atau perubahan indikator pada media uji.

##### a. Penapisan Isolat Fungi Berdasarkan Kemampuan Amilolitik

Penapisan dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media *Starch Yeast Extract Agar* (SYEA) yang mengandung dengan 5 g pati larut, 2 g ekstrak ragi, 1 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,5 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 15 g agar, dan 1000 mL air suling. Isolat fungi diuji untuk produksi amilase dengan hidrolisis pati menggunakan media *starch agar* terdiri dari 0,5 g pepton, 0,15 ekstrak daging sapi, 0,15 ekstrak ragi, 0,5 g natrium klorida, 1 g pati, 2 g agar, 100 ml air suling, diinkubasi selama 5 hari pada suhu ruang. Kemudian, permukaan agar ditetesi larutan iodin (iodin 0,2 ml; kalium iodida 0,4 ml; air distilasi 100 ml) di sekitar koloni (Jyotsna *et al.*, 2020). Zona bening di sekitar koloni menunjukkan hidrolisis pati yang diproduksi oleh enzim amilase dari isolat fungi, sehingga membentuk area kosong yang tidak berwarna di tengah gelap media karena pati dihidrolisis. Teknik ini merupakan metode kualitatif umum untuk mendeteksi aktivitas amilolitik mikroba (Kanak & Öztürk Yılmaz, 2025; Yalcin & Corbaci, 2013).

##### b. Penapisan Isolat Fungi Berdasarkan Kemampuan Proteolitik

Penapisan protease dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media Skim Milk Agar. Isolat fungi diinokulasikan ke permukaan agar dan kemudian diinkubasi pada kondisi yang sesuai. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni akibat degradasi kasein (Kanak & Öztürk Yılmaz, 2025).

##### c. Penapisan Isolat Fungi Berdasarkan Aktivitas Urease

Uji urease dilakukan dengan menggunakan media urea agar dengan komposisi 0,1 g/L ekstrak khamir, 9,5 g/L  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 9,1 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 20 g/L urea, 0,01 g/L fenol merah (Christensen, 1946). Isolat fungi diinokulasikan ke permukaan agar dan kemudian diinkubasi pada suhu

ruang. Setelah inkubasi, uji urease positif ditandai dengan perubahan warna medium menjadi merah muda/ungu akibat produksi amonia selama hidrolisis urea oleh enzim urease, yang menaikkan pH media (Pratiwi *et al.*, 2020).

#### d. Penapisan Isolat Fungi Berdasarkan Aktivitas Katalase

Untuk uji katalase, setelah menumbuhkan semua isolat pada media PDA, fungi diambil dan ditempatkan pada kaca objek. Kemudian diberi tetesan larutan 30% hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Aktivitas katalase ditunjukkan dengan pembentukan gelembung gas cepat akibat penguraian  $H_2O_2$  menjadi air dan oksigen oleh enzim katalase (Kanak & Öztürk Yılmaz, 2025; Begum *et al.*, 2020).

#### D. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif, mencakup jumlah semua genus fungi yang ditemukan selama penelitian. Hasil pengamatan yang dilakukan secara makroskopis, mikroskopis, serta dari berbagai parameter pengamatan lainnya diolah dan dikaji merujuk berbagai macam literatur/manual identifikasi yang direkomendasikan. Penyajian data disajikan dalam bentuk gambar, tabel dan diagram dari hasil berbagai macam pengamatan pada masing-masing isolat.

#### E. Implikasi Sains Biologi terhadap Kependidikan

Hasil penelitian ini diimplementasikan ke dalam bidang pendidikan sebagai studi awal penelitian pengembangan konten pembelajaran pada sub konsep kingdom fungi yang ada pada materi kenakeragaman hayati, sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran kurikulum merdeka fase E. Implementasi hasil penelitian sebagai rekomendasi konten pembelajaran ini akan melalui beberapa tahap analisis kebutuhan seperti analisis kurikulum dan analisis materi. Konten pembelajaran ini akan berisi tujuan untuk mengajak peserta didik belajar secara langsung dengan mengamati potensi lokal sekitar sebagai objek yang konkrit dan melatih bersikap ilmiah dalam memperoleh informasi untuk melatih dimensi profil pelajar pancasila. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai konten pembelajaran pada sub konsep Kingdom Fungi di SMA kelas X atau Fase E.

Analisis konten pembelajaran yang dilakukan meliputi Analisis kurikulum, analisis materi, analisis kebutuhan guru, dan analisis kebutuhan siswa berdasarkan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Analisis kurikulum dilakukan dengan menurunkan capaian pembelajaran (CP) menjadi tujuan pembelajaran (TP) (Lampiran 1). Analisis kurikulum dilakukan dengan mengacu pada website merdeka mengajar ([guru.kemdikbud.go.id](http://guru.kemdikbud.go.id)).
2. Analisis materi dilakukan dengan menganalisis materi biodiversitas pada sub konsep fungi dengan cara menerapkan batasan dan kedalaman materi berdasarkan tujuan pembelajaran (Lampiran 1). Analisis materi dilakukan studi literatur yang mengacu pada modul pembelajaran (Widiyanto, 2020) dan pada website merdeka mengajar.
3. Analisis kebutuhan guru dilakukan dengan mengumpulkan informasi menggunakan teknik pengumpulan *enquiring* melalui wawancara terhadap guru mata pelajaran biologi SMAN 1 Pandeglang, SMAN 2 Pandeglang, dan SMAN 3 Kota Serang (Lampiran 2 dan 3). Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi terkait proses pembelajaran, materi, serta fasilitas pendukung pembelajaran seperti Laboratorium. Hasil analisis akan dilakukan reduksi data dengan cara meringkas data dan penarikan kesimpulan dengan cara meninjau ulang hasil wawancara (Millah *et al.*, 2023).
4. Analisis kebutuhan siswa dilakukan dengan mengumpulkan informasi menggunakan teknik pengumpulan *enquiring* melalui kuesioner dan observasi terkait proses pembelajaran, materi, serta fasilitas pendukung pembelajaran seperti Laboratorium. Kuesioner disebarakan melalui *google form* kepada siswa kelas X IPA di SMAN 1 Pandeglang, SMAN 2 Pandeglang, dan SMAN 3 Kota Serang (Lampiran 4 dan Lampiran 5). Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi pembelajaran di kelas dan kebutuhan siswa terhadap sumber belajar. Kuesioner yang diberikan menggunakan model terstruktur yaitu telah diberi pilihan jawaban untuk dipilih responden. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel atau diagram, dan dilakukan reduksi data dengan cara meringkas data, serta penarikan kesimpulan dengan meninjau ulang hasil analisis.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Karakteristik Fisik Ikan Mas Sinyonya

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Ikan Mas Sinyonya memiliki karakteristik morfologi yang khas, tubuh berbentuk torpedo cenderung lebar, berisi, panjang keseluruhan  $\pm 27$  cm. Salah satu ciri khas Ikan Mas Sinyonya yang mencolok adalah mata yang tampak kecil (sipit). Bagian kepala cenderung membulat, dengan kontur halus tanpa tonjolan tajam. Ikan ini termasuk omnivora, dengan mulut berbentuk terminal dilengkapi sepasang sungut (*barbel*) pendek. Warna tubuh dominan kuning cerah keemasan yang menyelimuti hampir seluruh permukaan tubuh, mulai dari kepala sampai ekor. Gradasi warna kekuningan dengan aksent jingga pada bagian sirip dan ekor, serta pola warna yang merata menjadikan ikan ini mudah dibedakan dari ras ikan mas lainnya. Variasi warna dan penampilan fisik tidak hanya berfungsi sebagai identitas fenotipik, tetapi juga memiliki implikasi ekonomi bagi pembudidaya. Kecerahan warna, bentuk dan kelengkapan fisik, serta kondisi kesehatan ikan menjadi faktor yang paling memengaruhi nilai ekonomi ikan (Ilhamdi *et al.*, 2020).

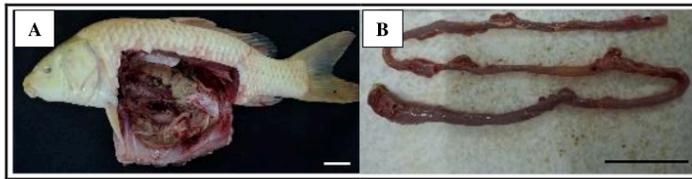


Gambar 4. 1 Karakteristik Fisik Ikan Mas Sinyonya. Garis Skala Menunjukkan 5 cm.

Pemeriksaan terhadap insang menunjukkan warna merah cerah, berfilamen halus, terlihat kondisi ikan dalam keadaan sehat dan tidak mengalami hipoksia. Lamela insang utuh dan tidak ada lesi ataupun bercak putih yang menjadi indikator infeksi jamur eksternal seperti *Saprolegnia* sp. pada ikan air tawar (Ali *et al.*, 2025; Ashour *et al.*, 2017). Sisik terlihat besar dan mengkilap, dengan distribusi sisik

merata dan padat. Sirip dorsal tunggal yang memanjang, sirip pectoral (dada) dan pelvic (perut) proporsional dan berwarna senada, sirip ekor (kaudal) bercabang dan lebar. Tidak ditemukan luka, bintik merah, atau lesi pada kulit dan sirip yang dapat mengindikasikan stress kronis atau kontaminasi lingkungan (Lindholm-Lehto & Pykkö, 2024).

Hasil observasi anatomi memperlihatkan bahwa Ikan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kondisi saluran pencernaan yang baik. Kondisi tersebut ditandai dengan karakteristik saluran pencernaan yang utuh, dinding usus tidak terlihat tanda peradangan atau luka internal. Warna jaringan pencernaan tampak merah muda cerah dan tidak ada lendir berlebih maupun pembengkakan yang biasanya menjadi indikasi adanya gangguan patologis



Gambar 4. 2 Anatomi saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya. A. Tampilan anatomi internal Ikan Mas Sinyonya hasil pembedahan. B. Saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya. Garis Skala Menunjukkan 5 cm

Pengambilan sampel saluran pencernaan dilakukan dengan pertimbangan melihat kondisi saluran yang masih ada sisa-sisa makanan yang telah mengalami proses pencernaan. Hal ini bertujuan agar sampel yang diambil dapat mewakili aktivitas fisiologis yang masih berlangsung di dalam saluran pencernaan, terutama terkait proses penyerapan dan degradasi zat makanan. Panjang total saluran pencernaan yang diamati adalah sekitar 45 cm, kemudian dibagi menjadi sembilan bagian dengan masing-masing ukuran 2-3 cm. Pembagian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang representatif terhadap setiap segmen saluran pencernaan, mulai dari bagian anterior hingga posterior.

#### **B. Kondisi Lingkungan Pemeliharaan Ikan Mas Sinyonya**

Ikan Mas Sinyonya yang digunakan dalam penelitian ini dipelihara dalam kolam/tambak dengan sistem air mengalir yang bersumber dari sungai sekitar Desa Bandung, Kecamatan Banjar, Kabupaten Pandeglang. Kolam pemeliharaan bersifat

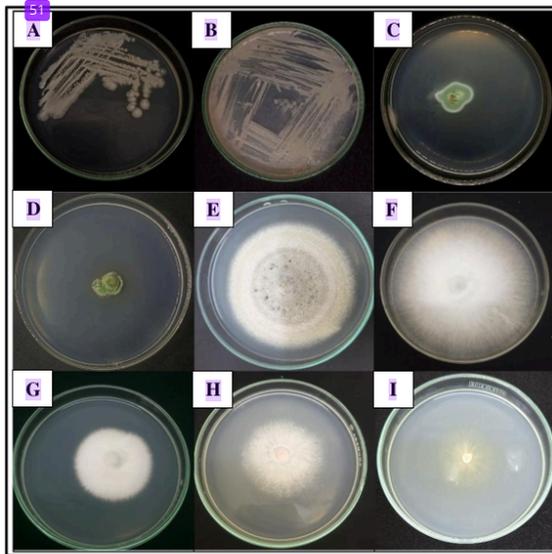
terbuka, sehingga sistem pencahayaan bergantung sepenuhnya pada sinar matahari alami, tanpa tambahan lampu buatan. Air kolam memiliki suhu berkisar 28°C dan pH 7,64, yang termasuk dalam rentang optimal bagi pertumbuhan ikan mas, yaitu suhu 25–30°C dan pH 6,5–8,0 (Ridwantara *et al.*, 2019; Mudlofar *et al.*, 2013).

Air sungai yang mengalir melalui area pemukiman berpotensi membawa bahan organik terlarut, sisa deterjen, maupun limbah domestik, yang menjadi media tumbuh bagi mikroorganisme saprofitik, termasuk fungi akuatik (Gu *et al.*, 2021). Sehingga, lingkungan pemeliharaan dapat menjadi faktor yang memengaruhi komposisi dan keragaman mikrobiota pencernaan ikan (Kanika *et al.*, 2025). Sumber air yang tercemar tetap memberikan peluang bagi pertumbuhan komunitas mikroba oportunistik.

Pakan ikan yang digunakan merupakan pakan organik berasal dari limbah pasca panen padi, keong sawah, dan cacing tanah. Komposisi tersebut mengandung protein, lemak, serat kasar dan karbohidrat kompleks yang berfungsi untuk mendukung pertumbuhan ikan (Nurasyifa *et al.*, 2025) dan pertumbuhan mikroorganisme komensal di saluran pencernaan, termasuk fungi yang berperan dalam biodegradasi dan fermentasi nutrient pakan (Ghosh *et al.*, 2023). Namun, penggunaan bahan pakan organik dari limbah pertanian dan hewan juga memiliki potensi risiko kontaminasi mikroba patogen apabila tidak melalui proses pengolahan (fermentasi atau pengeringan) yang tepat. Kondisi tersebut dapat memperbesar peluang kolonisasi fungi oportunistik yang berpotensi menyebabkan infeksi bila keseimbangan mikroba terganggu (Özcan & Arserim, 2022).

### **C. Keanekaragaman Fungi pada Pencernaan Ikan Mas Sinyonya**

Berdasarkan hasil isolasi fungi, diperoleh total 9 isolat fungi yang terdiri atas 2 isolat khamir (*yeast*) dan 7 isolat kapang (*mold*). Identifikasi dilakukan berdasarkan karakteristik makroskopis koloni pada media pertumbuhan serta morfologi mikroskopis menggunakan mikroskop cahaya. Isolat yang tumbuh memiliki karakteristik morfologi yang berbeda (Gambar 4.3). Kode isolat disusun secara sistematis dengan akhiran “MIJS” untuk menunjukkan kelompok kapang, dan “YIJS” untuk kelompok khamir. Pemberian kode ini bertujuan untuk memudahkan proses pencatatan data morfologi, uji enzimatik, serta pembahasan lebih lanjut terkait potensi biologis masing-masing isolat.

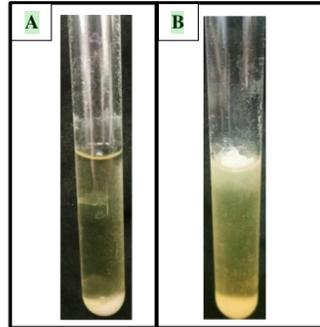


Gambar 4. 3 Keanekaragaman Morfologi Fungi Hasil Isolasi dari Saluran Pencernaan Ikan Mas Sinyonya. A. Isolat YIJS-1. B. Isolat YIJS-2. C. Isolat MIJS-1. D. Isolat MIJS-2. E. Isolat MIJS-3. F. Isolat MIJS-4. G. Isolat MIJS-5. H. Isolat MIJS-6. I. Isolat MIJS-7

Distribusi isolat menunjukkan bahwa keberadaan kapang lebih dominan ditemukan dibanding khamir. Kondisi ini erat kaitannya dengan kemampuan kapang yang lebih tinggi dalam memanfaatkan bahan organik kompleks melalui aktivitas enzim ekstraseluler yang dihasilkan. Perbedaan laju pertumbuhan dan adaptasi fisiologis antara kedua kelompok mikroorganisme tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya dominansi kapang (Corbu *et al.*, 2023; Subramanian *et al.*, 2025; Long *et al.*, 2023). Hasil tersebut juga berpotensi dipengaruhi oleh keterbatasan metode kultur yang digunakan, sebab sebagian besar fungi, khususnya khamir, bersifat sulit dikultur (*unculturable*) atau hanya dapat dideteksi melalui pendekatan molekuler (Wu *et al.*, 2019).

#### D. Hasil Uji Fisiologis Khamir

Uji pertumbuhan khamir pada penelitian ini menggunakan *Sabouraud Dextrose Broth* (SDB). Hasil uji pertumbuhan menunjukkan bahwa semua isolat yang diuji memperlihatkan adanya sedimen atau endapan di dasar media pertumbuhan, namun hanya isolat YIJS-2 yang terbentuk pelikel pada permukaan media. Endapan yang dihasilkan isolat YIJS-1 berwarna putih dan isolat YIJS-2 memiliki endapan berwarna krem kekuningan. **Gambar 4.4.**



**Gambar 4. 4** Pertumbuhan Khamir pada Media Cair (SDB). A. Isolat YIJS-1. B. Isolat YIJS-2.

Karakter pertumbuhan khamir dalam media cair dapat dipengaruhi oleh kemampuan sel dalam beragregasi dan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> (Anggrayeni *et al.*, 2019). Kemampuan membentuk endapan di dasar media tanpa pembentukan pelikel pada permukaan mengindikasikan bahwa isolat khamir cenderung tumbuh sebagai sel bebas yang tidak beragregasi kuat dan memproduksi CO<sub>2</sub> dalam jumlah relatif rendah pada kondisi kultur yang digunakan. Khamir dengan karakter tersebut umumnya termasuk kelompok *bottom yeast*, di mana sel-sel mengendap akibat keterbatasan pembentukan agregat permukaan, sedangkan pembentukan pelikel lebih umum ditemukan pada *top yeast* yang menghasilkan CO<sub>2</sub> lebih cepat (Fleischmann & Sripuntanagoon, 2011).

Uji fermentasi karbohidrat juga dilakukan dalam penelitian ini sebagai pendekatan fisiologis untuk mengevaluasi kemampuan metabolisme khamir terhadap berbagai sumber karbon, khususnya dalam membedakan pola fermentatif dan non-fermentatif. Pada uji ini, *phenol red* digunakan sebagai indikator pH untuk mendeteksi produksi produk sampingan yang bersifat asam. Produksi asam pada media fermentasi karbohidrat ditandai dengan perubahan warna merah muda menjadi kuning. Perubahan pH menjadi asam menunjukkan adanya asimilasi karbohidrat sedangkan pembentukan gas (CO<sub>2</sub>) mengindikasikan berlangsungnya jalur fermentasi yang menghasilkan produk akhir berupa etanol (Kurtzman *et al.*, 2011). (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Hasil Uji Fermentasi Karbohidrat Khamir

Isolat	Uji Fermentasi Karbohidrat					
	Glukosa		Maltosa		Sukrosa	
	Warna	Gelembung Udara	Warna	Gelembung Udara	Warna	Gelembung Udara
YIIS-1	Kuning	(+)	Kuning	(-)	Kuning	(-)
YIIS-2	Kuning	(-)	Kuning	(-)	Kuning	(-)

Keterangan: (+) : Ada  
(-) : Tidak ada

Perbedaan fisiologis antara kedua isolat terletak pada kemampuan menghasilkan gas pada substrat glukosa, yang hanya teramati pada isolat YIIS-1. Pembentukan gelembung gas pada glukosa mengindikasikan bahwa isolat ini aktif melakukan fermentasi. Aktivitas fermentatif semacam ini umum dijumpai pada khamir fakultatif anaerob yang mampu beralih dari respirasi ke fermentasi ketika kondisi lingkungan atau ketersediaan oksigen berubah (Hutzler, 2025).

Sebaliknya, isolat YIIS-2 tidak menunjukkan pembentukan gas pada seluruh jenis gula, meskipun terjadi perubahan warna media. Perubahan warna media fermentasi dari merah menjadi oranye kemerahan hingga kuning pada uji fermentasi karbohidrat menunjukkan terjadinya pemanfaatan gula sebagai sumber karbon oleh isolat khamir, yang diikuti dengan produksi senyawa asam sehingga menyebabkan penurunan pH media. Pembentukan asam organik akan menggeser

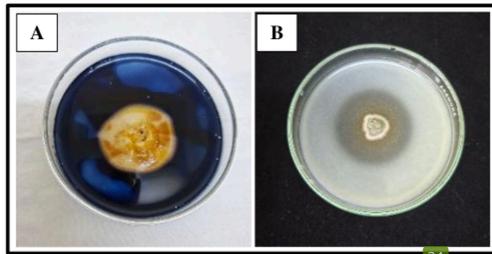
warna media menuju kuning. Khamir yang bersifat non-fermentatif atau lemah fermentatif, hanya menghasilkan asam tanpa gas dengan mengasimilasi karbohidrat sebagai substrat pertumbuhan (Anggraini *et al.*, 2022). Produksi gas dalam fermentasi dianggap sebagai indikator positif kemampuan khamir dalam melakukan fermentasi gula secara penuh, sedangkan kondisi hanya terjadi produksi asam tanpa gas lebih merepresentasikan kemampuan khamir dalam melakukan asimilasi atau metabolisme karbohidrat (Giri & Kindo, 2015)

#### **E. Hasil Penapisan Isolat Berdasarkan Kemampuan Enzimatik**

Keberadaan fungi pada pencernaan Ikan tidak selalu menandakan infeksi, melainkan dapat berfungsi sebagai mikroba komensal atau simbiosis yang ikut berperan dalam proses pencernaan dan dekomposisi senyawa organik kompleks dari pakan. Kondisi lingkungan kolam yang alami dan terbuka memungkinkan terjadinya pertukaran mikroba antara lingkungan perairan dan organisme akuatik. Sehingga, dalam penelitian ini juga dilakukan beberapa penapisan untuk menilai kemampuan isolat fungi. Penapisan ini dilakukan untuk mengevaluasi potensi isolat fungi hasil isolasi dari saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya dalam menghasilkan enzim hidrolitik yang relevan dengan degradasi nutrisi pakan.

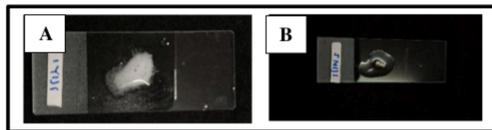
Enzim amilase berperan dalam proses hidrolisis polisakarida yaitu pati menjadi gula rantai pendek berupa maltosa atau glukosa sederhana yang dapat meningkatkan ketersediaan energi. Penapisan aktivitas amilase dilakukan menggunakan *starch agar*. Zona bening terbentuk di sekitar fungi pada media *starch agar* yang telah ditetesi lugol, menunjukkan adanya indikasi aktivitas fungi dalam menghasilkan enzim amilase (Kanak & Öztürk Yılmaz, 2025; Yalcin & Corbaci, 2013).

Protease berperan dalam pemecahan protein menjadi peptida dan asam amino, sehingga mendukung proses penyerapan nutrisi. Penapisan aktivitas protease menggunakan *skim milk agar*. Zona bening yang terbentuk pada media *skim milk agar* menunjukkan adanya aktivitas fungi dalam menghasilkan enzim protease (Champasri *et al.*, 2021).



Gambar 4. 5 Hasil Penapisan isolat dengan aktivitas enzim Amilase dan urease. A. zona bening disekitar fungi pada media *starch agar*. B. zona bening disekitar fungi pada media *skim milk agar*.

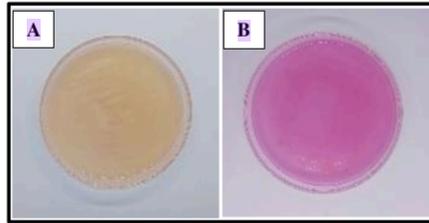
Enzim katalase bekerja dengan cara mengkatalisis pemecahan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) menjadi senyawa non toksik berupa air ( $H_2O$ ) dan oksigen ( $O_2$ ) (Cretu, 2021). Metode pengujian dilakukan dengan cara meneteskan larutan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) secara langsung pada koloni fungi hasil isolasi. Terbentuknya gelembung udara akibat pelepasan oksigen digunakan sebagai indikator aktivitas enzim katalase. Reaksi positif menunjukkan aktivitas katalase yang mendefinisikan kemampuan fungi dalam menetralkan  $H_2O_2$  cukup efisien. Sebaliknya, hasil negatif menunjukkan tidak adanya aktivitas katalase yang mengindikasikan fungi tersebut memiliki peran antioksidan yang rendah atau tidak aktif dalam mekanisme pertahanan oksidatif (Begum *et al.*, 2020).



Gambar 4. 6 Hasil penapisan isolat fungi berdasarkan aktivitas katalase. A. Terbentuknya gelembung udara menunjukkan aktivitas katalase. B. tidak ada aktivitas katalase

Uji urease dalam penelitian ini dilakukan terutama sebagai bagian dari identifikasi fisiologis khamir. aktivitas urease telah lama digunakan sebagai karakter diferensial penting pada beberapa kelompok khamir tertentu, terutama

dalam membedakan khamir urease-positif dan urease-negatif (Kurtzman et al., 2011). Namun, hasil uji pada isolat kapang tetap dicatat sebagai karakter tambahan. Karena, aktivitas urease tidak digunakan sebagai dasar utama penentuan identitas kapang, melainkan sebagai informasi fisiologis pendukung yang mencerminkan variasi kemampuan metabolisme nitrogen antar isolat. Negatifnya aktivitas urease pada isolat kapang dalam penelitian ini tidak digunakan sebagai dasar penentuan identitas taksonomi, melainkan diinterpretasikan sebagai indikasi keterbatasan kemampuan isolat dalam memanfaatkan urea sebagai sumber nitrogen (Gambar 4.7).



Gambar 4. 7 Hasil Penapisan Isolat berdasarkan Aktivitas Urease. A. Isolat tidak menunjukkan aktivitas urease. B. Isolat menunjukkan aktivitas urease

Uji urease bertujuan untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam menghasilkan enzim urease, yaitu enzim yang mengkatalisis hidrolisis urea menjadi amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Reaksi ini menyebabkan peningkatan pH medium karena amonia bersifat basa. Isolat yang urease-positif akan menunjukkan perubahan warna media dari kuning/oranye menjadi merah muda hingga ungu, menandakan peningkatan pH akibat produksi amonia. Sebaliknya, isolat urease-negatif tidak menunjukkan perubahan warna yang signifikan, karena tidak terjadi hidrolisis urea dan pH media tetap stabil (Pratiwi *et al.*, 2020).

Penapisan isolat ini digunakan sebagai pendekatan awal untuk mengidentifikasi isolat yang secara teoritis memiliki kapasitas mendukung proses pencernaan, tanpa dimaksudkan untuk membuktikan peran fungsional secara langsung di dalam tubuh ikan. Hasil penapisan untuk keseluruhan isolat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Penapisan Isolat berdasarkan Kemampuan Enzimatik

Isolat	Jenis Fungi	Kemampuan Enzimatik			
		Amilase	Protease	Urease	Katalase
YIJS-1	<i>Candida</i> sp.	-	+	-	+
YIJS-2	<i>Rhodotorula</i> sp.	+	+	+	+
MIJS-1	<i>Penicillium</i> sp.	+	+	-	+
MIJS-2	<i>Aspergillus</i> sp.	+	+	+	+
MIJS-3	<i>Robillarda</i> sp.	+	-	+	+
MIJS-4	<i>Chrysosporium</i> sp.	+	+	+	-
MIJS-5	<i>Mycelia sterilia</i>	+	+	-	+
MIJS-6	<i>Mycelia sterilia</i>	+	+	-	+
MIJS-7	<i>Mycelia sterilia</i>	+	+	-	+

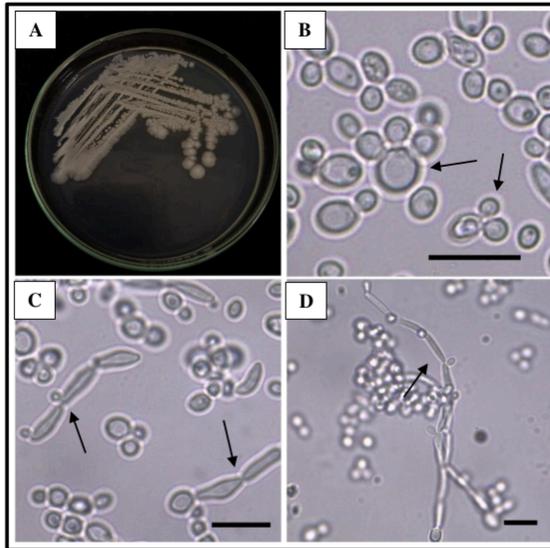
Keterangan: (+) = terdapat indikasi kemampuan enzimatik;  
 (-) = tidak terdapat indikasi kemampuan enzimatik.

#### F. Karakteristik Fungi pada Pencernaan Ikan Mas Sinyonya

Pengamatan karakter morfologi dilakukan pada 9 isolat hasil isolasi dari saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya. Berdasarkan karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis, isolat tersebut teridentifikasi ke dalam beberapa Genus, yaitu *Penicillium*, *Aspergillus*, *Robillarda*, *Chrysosporium*, serta tiga isolat *Mycelia sterilia*. Selain itu, ditemukan pula dua isolat khamir yang *Candida* sp. dan satu isolat *Rhodotorula* sp.

##### 1. Isolat YIJS-1 dengan Identitas *Candida* sp.

Isolat kamir YIJS-1 yang diperoleh dari hasil isolasi menunjukkan karakter koloni berbentuk *circular* dengan margin tidak rata dan berkerut (*wrinkled*), berwarna putih krem dan tekstur *butyrous/creamy*, serta elevasi koloni yang menonjol (*raised*) dari permukaan medium. Morfologi makroskopis tersebut sering dikaitkan dengan sejumlah khamir subdivisi Saccharomycotina yang sering kali memperlihatkan koloni berwarna putih hingga krem dengan tekstur halus, serta bentuk koloni bulat atau *circular*, margin tidak rata (*crenated*) karena pertumbuhan sel yang padat, pola pembelahan dan pertunasan sel (Chavez *et al.*, 2024).



Gambar 4. 8 Morfologi Isolat YIJS-1. A. Koloni khamir pada SDA setelah 5 hari inkubasi. B. Pertunasan dengan tipe multilateral (*Multilateral budding*). C-D. Pseudohifa. Garis Skala 10  $\mu\text{m}$ .

Pengamatan mikroskopis memperlihatkan sel-sel yang tersusun rapat berbentuk bulat hingga oval, memperlihatkan tunas kecil muncul pada satu kutub dan dari kedua ujung sel induk, menempel dan tumbuh dari satu sisi. Pola ini menunjukkan reproduksi aseksual melalui budding dengan lokalisasi multilateral (Fischer *et al.*, 2021). Terdapat deretan sel ellipsoid memanjang yang memperlihatkan penyempitan di titik-titik sambungan atau sekat membentuk *pseudohifa* (Hoffman *et al.*, 2023). Berdasarkan kombinasi ciri fenotipik tersebut, menunjukkan bahwa isolat ini termasuk genus *Candida*. Observasi *pseudohifa* dan variasi pola budding secara fenotipik hampir mirip dengan morfologi yang dilaporkan untuk beberapa *Candida* spp. (Chavez *et al.*, 2024).

Pendekatan fisiologis tambahan dilakukan untuk mendapat gambaran yang lebih komprehensif mengenai kemampuan metabolik isolat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat khamir mampu memfermentasi glukosa, yang ditandai oleh pembentukan gelembung udara, sementara pengujian maltosa dan sukrosa

hanya mengalami perubahan warna medium menjadi kuning tanpa pembentukan gas. Pembentukan gas mengindikasikan bahwa fermentasi glukosa berlangsung secara aktif dan menghasilkan produk samping berupa CO<sub>2</sub>, dari hasil metabolisme khamir. Perubahan warna medium menjadi kuning, terjadi karena media mengalami penurunan pH yang disebabkan akumulasi asam organik. Serta endapan pada medium cair menandakan peningkatan biomassa sel akibat pertumbuhan aktif selama pemanfaatan karbohidrat sebagai sumber energi utama. (Kurtzman *et al.*, 2011; Hikmah *et al.*, 2024). Secara fisiologis sejalan dengan karakter fermentasi *Candida* spp. yang dilaporkan dalam sistem fermentasi pangan. Spesies *Candida* telah diidentifikasi sebagai kandidat potensial dalam fermentasi minuman beralkohol, karena kemampuannya memfermentasi gula sederhana. Tidak hanya berkontribusi terhadap pembentukan asam, tetapi juga berperan dalam pembentukan senyawa volatil yang berdampak positif terhadap kompleksitas aroma dan cita rasa produk akhir (Maicas & Mateo, 2023). Meskipun lingkungan saluran pencernaan ikan dan sistem fermentasi industri memiliki kondisi yang berbeda, kesamaan pola metabolik ini memungkinkan *Candida* berperan baik sebagai mikroba komensal di saluran pencernaan maupun sebagai agen fermentatif pada substrat kaya karbohidrat

Hasil uji aktivitas enzim menunjukkan bahwa isolat positif menghasilkan enzim protease, namun tidak menunjukkan aktivitas amilase dan urease. Profil enzimatik tersebut memberikan gambaran awal mengenai karakteristik metabolik isolat dalam memanfaatkan substrat organik, khususnya protein, sebagai sumber nutrisi. Isolat mampu menghidrolisis protein kompleks menjadi peptida dan asam amino, yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan metabolisme sel (Banerjee & Ghosh, 2014). Karakteristik ini selaras dengan profil fisiologis umum genus *Candida*, seperti pada spesies *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* dan *Candida tropicalis*, yang diketahui memiliki sistem sekresi protease aspartil (*secreted aspartyl proteases/Saps*) sebagai salah satu ciri dominan. Enzim ini berperan dalam degradasi protein lingkungan, adaptasi nutrisi, serta interaksi dengan jaringan inang (Puspawati *et al.*, 2020; Monika *et al.*, 2017; Hrusková-Heidingsfeldová *et al.*, 2009).

Hasil uji katalase positif juga menjadi salah satu indikator yang mendukung identifikasi isolat sebagai *Candida* sp., sebab genus ini secara umum diketahui memiliki aktivitas enzim katalase yang tinggi. Katalase berfungsi untuk menguraikan hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen, sehingga berpotensi membantu melindungi sel epitel usus dari stres oksidatif (Miyasaka *et al.*, 2008; Feng *et al.*, 2022). Meskipun, belum ada informasi mengenai penggunaan *Candida* sp. Sebagai suplemen probiotik dalam budidaya ikan, aktivitas antioksidan tersebut memperlihatkan bahwa *Candida* sp. berpotensi sebagai agen probiotik alami dan mikroba penyeimbang yang menjaga integritas mikrobiota usus ikan dari kolonisasi patogen (Gonia *et al.*, 2017).

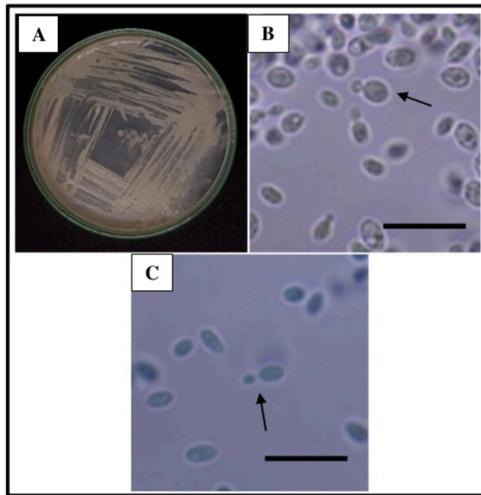
Penelitian Caruffo *et al.*, (2015), menemukan bahwa isolat *Candida* sp. dari usus ikan zebra mampu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan dengan cara menstimulasi sistem imun dan menghambat kolonisasi *Vibrio anguillarum* melalui mekanisme kompetisi ruang dan ko-agregasi dinding sel ( $\beta$ -glukan, mannan, dan kitin). Sehingga, mengurangi masuknya patogen ke inang melalui saluran pencernaan. Temuan serupa juga dikonfirmasi oleh Siangpro *et al.*, (2023), yang berhasil mengisolasi *Candida tropicalis* dari pencernaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan efeknya sebagai antimikroba penghambat bakteri patogen, memperkuat potensi khamir ini sebagai kandidat probiotik fungsional pada ikan air tawar.

*Candida* sp. pada saluran pencernaan ikan menjadi bagian dari mikrobiota normal ikan air tawar dan berpotensi sebagai agen probiotik potensial yang mendukung kesehatan pencernaan melalui aktivitas metabolik dan enzimatisnya (Zaghrami *et al.*, 2021; Gatesoupe, 2007). Namun demikian, keberadaan *Candida* sp. juga memiliki potensi merugikan, terutama ketika kondisi fisiologis ikan menurun akibat stres atau immunosupresi. Saat keadaan tersebut, *Candida* sp. dapat berubah menjadi patogen oportunistik, menyebabkan infeksi sistemik, gangguan pencernaan, hingga menyebabkan kematian (Tartor *et al.*, 2018; Hoai *et al.*, 2025).

## **2. Isolat YIJS-2 dengan Identitas *Rhodotorula* sp.**

Isolat khamir YIJS-2 yang diperoleh dari saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya memperlihatkan karakteristik makroskopis yang khas. Koloni yang terbentuk pada medium padat tampak membulat (*circular*) dengan elevasi datar

(flat), permukaannya halus serta memiliki pigmentasi oranye kemerahan hingga merah muda, teksturnya tampak kental namun tidak creamy, berbeda dengan koloni YIJS-1 yang berwarna putih dan lebih kental. Morfologi koloni berwarna merah muda mengindikasikan adanya produksi pigmen karotenoid, yang merupakan ciri khas beberapa genus khamir pigmen, terutama *Rhodotorula*. Pigmen karotenoid pada khamir diketahui berperan sebagai senyawa pelindung terhadap stres oksidatif dan radiasi, serta sering dijadikan karakter diagnostik awal dalam identifikasi fenotipik kelompok khamir (Sereti *et al.*, 2024; Kot *et al.*, 2024; Kingkaew *et al.*, 2023).



Gambar 4. 9 Morfologi Isolat YIJS-2. A. Koloni khamir pada PDA setelah 5 hari inkubasi. B-C. Pertunasan sel dengan tipe unipolar D. Pewarnaan sel dengan *lactophenol cotton blue*. Garis Skala 10  $\mu\text{m}$ .

Pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa isolat terdiri dari sel berbentuk oval. Mekanisme reproduksi utama yang teramati adalah pertunasan vegetative (*budding*). Tunas sel ditemukan muncul dari satu kutub sel induk (*unipolar*). Seluruh pengamatan menunjukkan ketiadaan *pseudohifa*, hifa sejati, maupun mekanisme pembelahan (*fission*).

Sifat fermentatif yang diuji menggunakan media cair mengandung glukosa, maltosa, dan sukrosa, menunjukkan bahwa tidak adanya pembentukan gas CO<sub>2</sub> mengindikasikan bahwa isolat ini tidak melakukan fermentasi karbohidrat secara *gas-forming*. Perubahan warna media dari merah menjadi kuning menunjukkan terjadinya penurunan pH akibat pembentukan asam, yang mengindikasikan adanya aktivitas metabolik terhadap substrat gula, meskipun tidak melalui jalur fermentasi yang menghasilkan gas. Pola tersebut mirip dengan karakter fisiologis genus *Rhodotorula*, yang secara umum diklasifikasikan sebagai khamir non-fermentatif atau lemah fermentatif. Spesies seperti *Rhodotorula glutinis* dan *Rhodotorula gracilis* dilaporkan mampu mengasimilasi berbagai jenis gula tanpa disertai produksi gas atau etanol, namun menunjukkan perubahan pH akibat pembentukan metabolit asam dan biosintesis karotenoid (Xu *et al.*, 2023; Oktavia & Nawfa, 2015; Kot *et al.*, 2016)

Aktivitas urease terdeteksi positif ditandai dengan perubahan warna medium menjadi ungu. Positivitas urease menjadi salah satu ciri khas yang mendukung kemiripan isolat dengan karakteristik *Rhodotorula* sp., yang diketahui sebagai kelompok khamir urease-positif (Wykrętownicz *et al.*, 2025). *Rhodotorula* diketahui mampu menghasilkan enzim urease yang mengkatalisis hidrolisis urea menjadi amonia dan karbon dioksida, suatu karakter yang membedakannya dari sebagian besar spesies *Candida* yang bersifat urease-negatif. Aktivitas ini mengindikasikan kemampuan khamir untuk memanfaatkan urea sebagai sumber nitrogen alternatif, khususnya pada lingkungan dengan ketersediaan nitrogen terbatas (Kidd *et al.*, 2022; Johnathan *et al.*, 2019)

Berbeda dengan hasil skrining aktivitas enzim amilase dan protease, isolat menunjukkan hasil negatif yang mengindikasikan keterbatasan kemampuan isolat dalam mendegradasi substrat polisakarida seperti pati ataupun protein kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana. Aktivitas enzim-enzim hidrolitik ini tidak bersifat universal di seluruh spesies khamir hanya beberapa isolat memang mampu mengsekresikan enzim-enzim tersebut, namun banyak isolat lainnya menunjukkan aktivitas yang rendah atau tidak terdeteksi dan frekuensinya bervariasi antar spesies (Al Halim *et al.*, 2024).

Aktivitas katalase menunjukkan hasil positif lemah yang terdeteksi pada isolat. Secara fisiologis, *Rhodotorula* spp. merupakan organisme aerob yang memiliki sistem antioksidan utama berupa *superoksida dismutase* (SOD), *katalase* (CAT), *glutathion peroksidase* (GPX), dan *Glutathione* (GSH), yang bekerja secara sinergis dalam menetralkan spesies oksigen reaktif (ROS) (Zhang *et al.*, 2025). Meskipun uji katalase dilakukan dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang bersifat oksidatif, pengujian ini bersifat kualitatif dan merefleksikan aktivitas katalase basal yang telah ada dan diekspresikan oleh sel pada saat pengujian, bukan respons adaptif terhadap stres oksidatif jangka panjang yang biasanya memerlukan perlakuan induksi khusus. Aktivitas katalase pada *Rhodotorula* spp. bersifat inducible, di mana peningkatan signifikan baru terjadi ketika sel mengalami tekanan oksidatif yang lebih intens atau berkepanjangan, seperti perubahan sumber karbon atau paparan oksidan dalam medium kultur (Wykrętownicz *et al.*, 2025; Landolfo *et al.*, 2019).

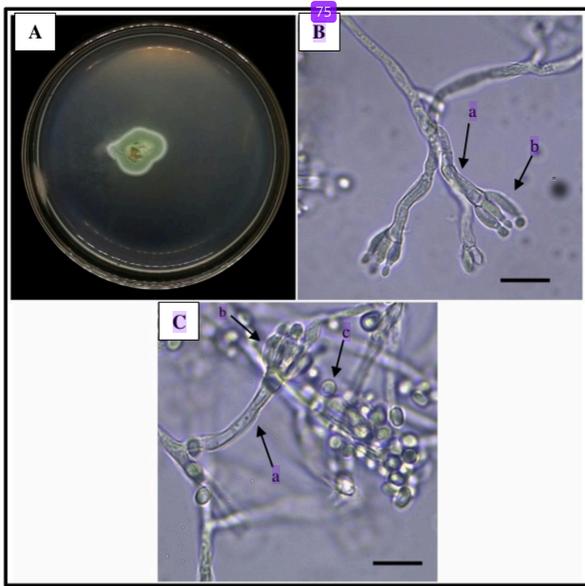
Berdasarkan karakteristik tersebut, isolat ini termasuk genus *Rhodotorula*. Pigmentasi oranye hingga merah muda pada koloni menjadi ciri khas *Rhodotorula* sp. yang diketahui memproduksi pigmen karotenoid seperti  $\beta$ -karoten, torulene, atau torularhodin sebagai metabolit sekunder (Allahkarami *et al.*, 2021). Metabolit yang dihasilkan oleh *Rhodotorula* sp. diketahui dapat memodulasi lingkungan mikroba usus dengan menekan pertumbuhan bakteri patogen seperti *Vibrio* spp. serta meningkatkan imunitas ikan terhadap infeksi (Wang *et al.*, 2023; Caruffo *et al.*, 2015). *Rhodotorula* mampu menghasilkan metabolit yang berperan dalam degradasi toksin bakteri, sehingga berpotensi membantu mengurangi dampak patogen dalam saluran pencernaan (Gatesoupe, 2007). Berbagai senyawa bioaktif dan nutrisi esensial, seperti folat, lipid, protein, serta pigmen karotenoid, yang dihasilkan oleh *Rhodotorula* spp. berkontribusi terhadap keseimbangan nutrisi dan kesehatan inang (Zaghrami *et al.*, 2021).

Berdasarkan berbagai laporan literatur dan hasil penelitian sebelumnya, keberadaan khamir Genus *Rhodotorula* dianggap sebagai khamir normal yang umum ditemukan pada saluran pencernaan ikan air tawar, serta berpotensi sebagai mikroorganisme pendukung dalam meningkatkan ketahanan oksidatif, dan memperkuat sistem imun ikan melalui produksi metabolit fungsional (Ghosh *et al.*,

2023 ; Chen *et al.*, 2019). Pada saluran pencernaan ikan *Abramis brama*, *Rutilus rutilus*, dan *Perca fluviatilis* dikolonisasi secara permanen oleh *Rhodotorula mucilaginosa*, yang menunjukkan kemampuan adaptasi dan kolonisasi jangka panjang dalam sistem pencernaan ikan (Bogusławska-Wąs *et al.*, 2019). *Rhodotorula paludigena* menunjukkan berbagai karakter probiotik, termasuk toleransi terhadap garam empedu, variasi pH, dan suhu, serta aktivitas antioksidan dan imunomodulator (Kaewda *et al.*, 2025).

### **3. Isolat MIJS-1 dengan Identitas *Penicillium* sp.**

Isolat MIJS-1 merupakan jenis fungi berfilamen atau kapang (mold) dengan tepi rata dan tampak berwarna putih, berbeda kontras dengan bagian tengah koloni berwarna hijau-biru keabuan. Warna reverse koloni pucat kekuningan. Isolat ini memiliki elevasi tipe *rugose* (permukaan berkerut), serta struktur tekstur velvety. Morfologi koloni ini mencerminkan karakteristik umum fungi *Penicillium* sp. Pengamatan secara mikroskopis juga mendukung identifikasi awal sebagai *Penicillium*. Isolat ini menunjukkan tipe hifa bersekat, bercabang, dan hialin. Konidiofor terlihat sebagai struktur bercabang menyerupai kuas/sikat (*penicillus*) yang mencerminkan istilah Latin *Penicillium*. Pada struktur ini tampak kumpulan fialid berbentuk flask, dengan konidia berbentuk ellipsoidal pada ujung fialid (Crous *et al.*, 2009).



**Gambar 4. 10** Morfologi isolat MIJS-1. A. Koloni kapang pada PDA setelah 7 hari inkubasi. B-C. Struktur konidial (a) Konidiofor. (b) Fialid. (c) Konidia. Garis Skala 10  $\mu\text{m}$ .

Isolat MIJS-1 merupakan jenis kapang (*mold*) memiliki bentuk circular dan simetris dengan tepi rata dan tampak berwarna putih, berbeda kontras dengan bagian tengah koloni berwarna hijau-biru keabuan. Warna reverse koloni pucat kekuningan. Isolat ini memiliki elevasi tipe *rugose* (permukaan berkerut), serta struktur tekstur velvety. Morfologi koloni ini mencerminkan karakteristik umum fungi *Penicillium* sp. Pengamatan secara mikroskopis juga mendukung identifikasi awal sebagai *Penicillium*. Isolat ini menunjukkan tipe hifa bersekat, bercabang, dan hialin. Konidiofor terlihat sebagai struktur bercabang menyerupai kuas/sikat (*penicillus*) yang mencerminkan istilah Latin *Penicillium*. Pada struktur ini tampak kumpulan fialid berbentuk *flask*, dengan rantai konidia basipetal terbentuk di ujung terminal. Konidia berbentuk ellipsoidal, tersusun rapi pada ujung fialid (Crous *et al.*, 2009).

Keberadaan kapang *Penicillium* sp. dalam saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya mengindikasikan perannya sebagai bagian dari mikrobiota saprofitik yang berkontribusi terhadap proses biodegradasi bahan organik kompleks di dalam usus. Hal ini diperkuat oleh hasil uji enzimatik, *Penicillium* sp. menunjukkan aktivitas positif pada enzim amilase dan protease serta reaksi positif katalase. Aktivitas amilase dan protease ini mengindikasikan kemampuannya dalam menghidrolisis pati menjadi gula sederhana dan protein menjadi asam amino, yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh inang maupun mikroorganisme lain pada saluran pencernaan. Sehingga meningkatkan efisiensi pencernaan nutrisi, terutama dari sumber pakan berbasis karbohidrat dan protein (Champasri *et al.*, 2021). Aktivitas katalase memperlihatkan kemampuan isolat ini dalam menetralkan senyawa oksidatif seperti hidrogen peroksida, sehingga membantu menjaga kestabilan lingkungan mikroba dan melindungi sel epitel pencernaan dari stres oksidatif (Cretu, 2021).

Peran fungsional *Penicillium* sp. sebagai komponen mikrobiota usus ikan telah banyak dilaporkan. (Doloi & Haloi, 2019), yang melaporkan bahwa *Penicillium* sp. berhasil diisolasi dari saluran pencernaan ikan gabus tutul (*Channa punctata*) dan menunjukkan aktivitas enzim glikosidik tinggi, seperti amilase dan selulase, yang berperan dalam biokonversi karbohidrat kompleks menjadi bentuk yang lebih mudah diserap. Studi lain oleh Gonçalves & Gallardo-Escárate, (2017) dan Wang *et al.*, (2018), yang menyatakan bahwa fungi saluran pencernaan ikan, termasuk *Penicillium* sp., mampu menghasilkan enzim pencernaan sekaligus metabolit sekunder seperti asam organik, senyawa antioksidan, poliketida, dan terpenoid. Senyawa-senyawa ini berfungsi tidak hanya untuk mendukung proses pencernaan tetapi juga untuk meningkatkan sistem imun dan resistensi terhadap patogen.

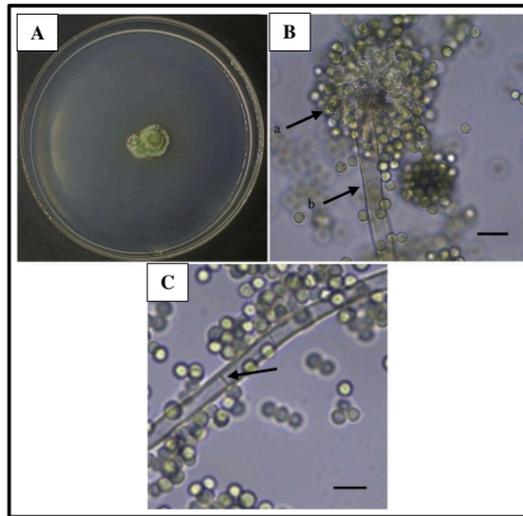
*Penicillium* sp. juga diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan pengendalian lingkungan. Penelitian (Liao *et al.*, 2023) menemukan bahwa *Penicillium* sp. yang diisolasi dari usus ikan karang memiliki aktivitas antibakteri tinggi terhadap mikroorganisme patogen, menunjukkan kemampuannya dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus ikan sehat. Penelitian lain oleh (Marden *et al.*, 2017), juga melaporkan bahwa genus *Penicillium* merupakan anggota umum

dari divisi *Ascomycota* yang ditemukan pada berbagai ikan laut dan air tawar seperti *Lates calcarifer*, *Panaque nigrolineatus*, dan *Trachinotus blochii*, dengan status komensal non-patogenik selama kondisi inang sehat dan tidak mengalami stres nutrisi. Hal tersebut memperkuat bukti bahwa kapang ini merupakan bagian alami dari ekosistem pencernaan ikan. Berdasarkan penelitian oleh (Han *et al.*, 2021), *Penicillium chrysogenum* juga dilaporkan memiliki efek antagonistik terhadap *Microcystis aeruginosa* di lingkungan budidaya dengan menghambat pertumbuhan alga berbahaya dan memperbaiki kualitas air.

Lingkungan perairan diketahui berperan penting dalam membentuk komposisi dan keragaman mikrobiota pencernaan ikan (Kanika *et al.*, 2025). Penggunaan sumber air yang berpotensi tercemar dapat membawa bahan organik terlarut, sisa deterjen, serta limbah domestik, yang menyediakan substrat bagi pertumbuhan mikroorganisme saprofitik (Gu *et al.*, 2021). Penggunaan bahan pakan organik dari limbah pertanian dan hewan juga berpotensi membawa mikroorganisme oportunistik apabila tidak melalui proses pengolahan yang memadai. Kondisi tersebut dapat meningkatkan peluang kolonisasi fungi oportunistik, termasuk *Penicillium* sp., yang berpotensi menjadi merugikan apabila keseimbangan mikrobiota terganggu atau kondisi fisiologis inang menurun (Özcan & Arserim, 2022).

#### **4. Isolat MIJS-2 dengan Identitas *Aspergillus* sp.**

Isolat ini memperlihatkan koloni berwarna hijau dengan permukaan beludru dan elevasi *raised*, serta tepi koloni filiform dan tidak rata. Warna hijau pada koloni sesuai dengan akumulasi massa konidia pada kepala konidial. Tepi berwarna putih biasanya merupakan jaringan mycelial (hifa) yang belum tersporulasi secara masif. Pada observasi mikroskopis, ditemukan hifa hialin yang bersekat (septate) dan bercabang. Konidiofor terlihat membesar di bagian terminal membentuk vesikel yang jelas. Vesikel tersebut menjadi tempat menempelnya metulae dan fialid yang memproduksi konidia globose dalam rantai terminal. Karakteristik ini sesuai dengan karakteristik fungi *Aspergillus* sp. (Crous *et al.*, 2009; Walsh *et al.*, 2018)



Gambar 4. 11 Morfologi isolat MIJS-2. A. Koloni pada media PDA setelah 7 hari inkubasi. B. Struktur konidial. (a). konidia. (b). Konidiofor. C. Karakteristik hifa bersekat. Garis Skala 10  $\mu$ m

Isolat *Aspergillus* sp. menunjukkan aktivitas positif amilase, protease, dan katalase yang mengindikasikan perannya dalam proses pencernaan. Kombinasi aktivitas enzimatik ini menunjukkan bahwa *Aspergillus* sp. berperan penting dalam hidrolisis substrat kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana, sehingga dengan mudah diserap oleh tubuh ikan (Manimekalai *et al.*, 2022; El-Gendi *et al.*, 2021). Beberapa spesies *Aspergillus* juga dikenal memiliki kapasitas enzimatik yang sangat luas, termasuk produksi  $\alpha$ -amilase, protease, lipase, xilanase, galaktosidase, dextranase, dan pectinase (Gholami-Shabani *et al.*, 2022; Fadel *et al.*, 2020).

*Aspergillus* spp. merupakan kapang yang paling sering ditemukan pada habitat akuatik, baik air tawar, payau, maupun laut, dan termasuk dalam kelompok Ascomycota yang mendominasi komunitas fungi perairan. spesies *Aspergillus* tersebar luas pada sedimen, kolom air, serta organisme akuatik, termasuk ikan, sebagai fungi saprofitik yang beradaptasi terhadap lingkungan kaya bahan organik (Abdel-Azeem *et al.*, 2019; Shearer *et al.*, 2007). Penelitian berbasis analisis

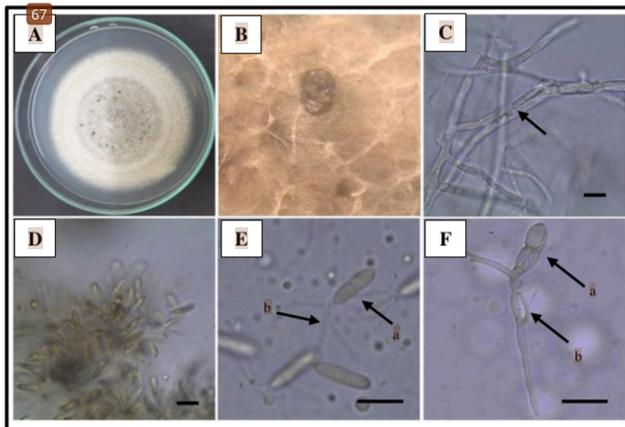
komunitas fungi usus ikan menunjukkan bahwa *Aspergillus* termasuk dalam genus dominan dan memiliki kelimpahan relatif tinggi di saluran pencernaan ikan air tawar, yang mengindikasikan bahwa keberadaannya bukan sekadar kontaminasi lingkungan, melainkan bagian dari mikrobiota usus yang terseleksi secara ekologis (Long *et al.*, 2023). Temuan serupa juga dilaporkan pada tiga jenis ikan karang dan *Aspergillus* secara konsisten teridentifikasi sebagai salah satu genus utama dalam komunitas fungi usus, serta menunjukkan aktivitas antimikroba, bersama dengan *Penicillium* (Liao *et al.*, 2023).

Berbagai temuan penelitian terdahulu yang menegaskan peran genus *Aspergillus* dalam konteks fungi komensal, yaitu *A. oryzae* yang berfungsi sebagai produsen utama enzim hidrolitik dan agen probiotik alami. Suplementasi *A. oryzae* pada pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan pakan Ikan Mas mampu meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, performa pertumbuhan, respons imun, serta ketahanan terhadap stres salinitas dan hipoksia (Shukry *et al.*, 2021; Dawood *et al.*, 2020; Hedayati *et al.*, 2020). Kombinasi antara *A. oryzae* dan  $\beta$ -glukan yang mampu meningkatkan status antioksidan dan pertahanan imun ikan, memperkuat bukti bahwa kapang ini memiliki peran sinergis terhadap kesehatan pencernaan dan ketahanan tubuh ikan (Dawood, *et al.*, 2020b). *Aspergillus niger*, telah dilaporkan memiliki efek probiotik pada ikan mas, termasuk peningkatan pertumbuhan, respons imun, dan aktivitas enzim pencernaan. Temuan ini menunjukkan bahwa keberadaan *Aspergillus* dalam usus ikan tidak selalu berkaitan dengan patogenisitas, melainkan berpotensi berkontribusi pada keseimbangan mikrobiota usus (Jasim *et al.*, 2022)

*Aspergillus* merupakan genus fungi yang memiliki peran ganda, bersifat menguntungkan dengan menghasilkan enzim yang membantu pencernaan dan bisa bersifat patogen. Beberapa spesies, seperti *A. flavus*, *A. fumigatus*, dan *A. niger*, diketahui dapat menghasilkan mikotoksin seperti aflatoksin dan ochratoksin yang bersifat hepatotoksik, imunotoksik, dan karsinogenik (Perrone & Gallo, 2017). Mikotoksin ini telah dilaporkan menyebabkan gangguan pertumbuhan, kerusakan hati, serta penurunan imunitas pada ikan air tawar dan ikan budidaya jika konsentrasinya tinggi dalam pakan dan lingkungan pencernaan (Dawood *et al.*, 2019).

### 5. Isolat MIJS-3 dengan Identitas *Robillarda* sp.

Isolat 3MIJS memperlihatkan morfologi membulat konsentris dengan tepi filiform dan rata, berwarna putih kelabu, tekstur wooly. Pertumbuhan tergolong sedang hingga lambat. Terdapat struktur khas berupa badan reproduktif aseksual berwarna hitam menyerupai batu kecil (*pycnidia*), berfungsi sebagai wadah konidia aseksual. Secara mikroskopis, terlihat adanya hifa bersekat (septat) dan hialin yang berasosiasi dengan pembentukan sel penghasil konidia. Konidia yang terbentuk tampak hialin, berbentuk lonjong (*ellipsoid*), bersekat, serta dilengkapi dengan *apical appendage* (Gambar 4.12). Morfologi tersebut serupa dengan ciri genus *Robillarda* (Crous *et al.*, 2015).



Gambar 4. 12 Morfologi isolat MIJS-3. A. Koloni pada media PDA setelah 7 hari inkubasi. B. Pknidia setelah 21 hari inkubasi. C. Struktur hifa bersekat. D. Kumpulan konidia pada pknidia. E-F. Konidia (a) bersekat (b)appendage. Garis Skala 10  $\mu$ m

*Robillarda* adalah genus fungi yang menghasilkan konidia dalam pknidia. Konidianya umumnya berseptata, hialin hingga coklat muda, berbentuk lonjong-fusifiform, dan sering dilengkapi appendage/seta pada ujungnya. Ciri ini membuat *Robillarda* dimasukkan ke dalam kelompok pestalotioid, yaitu kelompok fungi dalam famili Sporocadaceae (ordo Amphisphaerales, Ascomycota) yang memiliki konidia berseptata dengan appendage khas (Liu *et al.*, 2019).

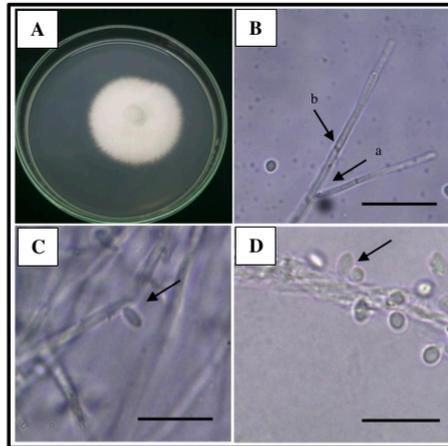
Umumnya *Robillarda* dilaporkan sebagai endofit atau saprofit hingga pathogen pada tumbuhan darat dan akuatik, serta sebagai dekomposer bahan organik pada substrat kayu dan serasah yang terendam air. Hingga saat ini belum terdapat studi literatur yang secara eksplisit mendokumentasikan genus *Robillarda* sebagai komponen tetap mikrobiota usus ikan. Kehadiran *Robillarda* dapat diinterpretasikan sebagai bagian dari mikrobiota transien yang masuk bersama pakan/lingkungan, atau berperan dalam dekomposisi bahan organik dalam saluran cerna. Morfologi konidia yang relatif resisten, fungi ini berpotensi bertahan dalam lingkungan usus yang kaya senyawa organik. (Maharachchikumbura *et al.*, 2016; Phookamsak *et al.*, 2019).

Isolat *Robillarda* menunjukkan aktivitas positif amilase dan katalase, namun negatif terhadap protease dan urease. Pola aktivitas ini mencerminkan kapasitas enzimatis potensial isolat tersebut dalam mendegradasi polisakarida kompleks seperti pati. Studi sebelumnya membahas kemampuan amilolitik *Robillarda* dalam memanfaatkan substrat karbohidrat pada lingkungan kaya bahan organik (Wang *et al.*, 2024; Calabon *et al.*, 2023). Interpretasi tersebut diperkuat oleh karakteristik pakan ikan mas sinyonya yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pakan organik berbasis limbah pascapanen padi. Limbah panen padi diketahui mengandung karbohidrat kompleks, pati resisten, serta fraksi lignoselulosa yang relatif tinggi, yang berpotensi menjadi substrat pertumbuhan bagi fungi saprofitik dan akuatik yang memiliki kemampuan degradasi polisakarida (Ghosh *et al.*, 2023; Nurasyifa *et al.*, 2025). Masuknya partikel pakan berbasis bahan nabati ke dalam saluran pencernaan ikan memungkinkan terbawanya komunitas fungi lingkungan yang mampu memanfaatkan substrat tersebut, termasuk *Robillarda* sp., sehingga keberadaannya lebih mencerminkan kondisi lingkungan dan komposisi pakan.

#### **6. Isolat MIJS-4 dengan Identitas *Chrysosporium* sp.**

Isolat 5MIJS menunjukkan karakteristik morfologi secara makroskopis, koloni tampak berwarna putih, menyerupai kapas tebal (cottony) dengan tekstur mengerut (*wrinkled*) pada bagian tengah dan pertumbuhan koloni menyerupai awan kapas. Secara mikroskopis, isolat menunjukkan adanya hifa hialin, bersekat, dan bercabang. Konidia tampak, berbentuk oval, satu sel, tanpa septa (Gambar 4.13).

Karakteristik tersebut mirip dengan fungi Genus *Chrysosporium*. Genus *Chrysosporium* ditandai dengan produksi konidia berdinding tipis, biasanya berbentuk bulat hingga oval (Wang *et al.*, 2023).



Gambar 4. 13 Morfologi isolat MIJS-4. A. Koloni pada media PDA setelah 7 hari inkubasi. B. Struktur hifa (a) bercabang. (b) bersekat. C-D. Konidia. Garis Skala 10  $\mu$ m.

Hasil uji enzimatik yang positif terhadap amilase, protease, dan urease, serta negatif terhadap katalase, mengindikasikan bahwa isolat ini memiliki kemampuan dalam hidrolisis karbohidrat dan protein kompleks, namun dengan aktivitas degradasi oksidatif yang rendah. Aktivitas ini menunjukkan bahwa *Chrysosporium* sp. berpotensi berperan dalam pemecahan substrat organik kompleks di saluran pencernaan ikan mas sinyonya, membantu proses pencernaan melalui produksi enzim ekstraseluler yang dapat memecah pati dan protein menjadi molekul yang lebih sederhana dan mudah diserap.

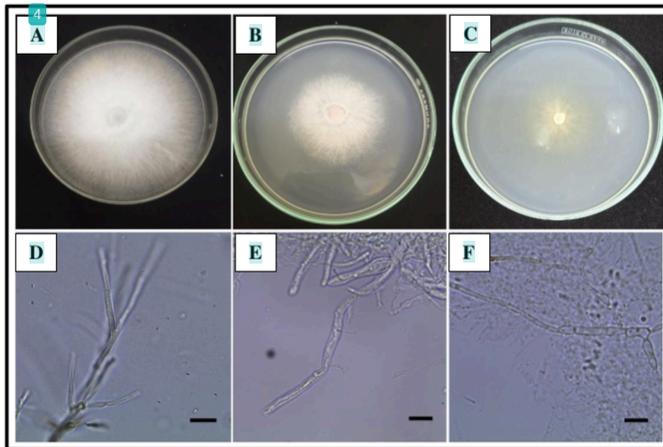
Penelitian oleh Elbanna *et al.*, (2021) berhasil mengisolasi *Chrysosporium* sp. dari saluran pencernaan ikan belanak (*Mugil cephalus*) dan menemukan kemampuannya menghasilkan senyawa metabolit sekunder unik berupa chrysosporazines, kelompok fenilpropanoid piperazin yang menunjukkan aktivitas biologis penting tanpa bersifat sitotoksik. Penelitian oleh Dewa *et al.*, (2022)

memperkuat penelitian tersebut dengan menunjukkan bahwa *Chrysosporium* sp. dari usus ikan mullet mampu memproduksi berbagai turunan chrysozporazines yang berfungsi sebagai inhibitor protein transpor *P-glycoprotein* (P-gp), yang diketahui terlibat dalam mekanisme resistensi terhadap obat. Kemampuan ini dapat diartikan sebagai bentuk kompetisi mikroba di saluran pencernaan, di mana senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan *Chrysosporium* dapat menekan dominasi mikroba patogen atau kompetitor lain, sehingga menjaga keseimbangan mikrobiota usus ikan.

Penelitian Ghotbi *et al.*, (2022) melaporkan bahwa *Chrysosporium* termasuk dalam kelompok fungi yang jarang namun konsisten ditemukan pada mikrobiota saluran pencernaan ikan laut dan payau seperti ikan plaice dan belanak. Fungi ini diketahui berkontribusi pada produksi senyawa bioaktif antimikroba, Meskipun tidak bersifat bakterisidal langsung, senyawa chrysozporazines berperan dalam menghambat mekanisme pertahanan patogen seperti *Lactococcus garvieae*, *Vibrio* sp., *Aeromonas* sp. dan *Staphylococcus aureus*. Hal ini diperkuat oleh Wang *et al.*, (2023), yang menyatakan bahwa *Chrysosporium* merupakan penghasil alami berbagai senyawa bioaktif seperti alkaloid, polyketida, dan laktone, di antaranya chryscandin dan chrysozporazines, yang memiliki aktivitas antimikroba dan antitumor. Chrysozporazines termasuk dalam kelompok metabolit sekunder polyketide alkaloid hibrid, hasil dari aktivitas enzim kompleks PKS-NRPS (*Polyketide Synthase Nonribosomal Peptide Synthetase*). Biosintesisnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti ketersediaan prekursor fenilalanin dan asam sinamat dalam substrat organik pencernaan ikan. Karena itu, *Chrysosporium* sp. yang hidup di saluran pencernaan ikan air tawar dapat memanfaatkan senyawa organik hasil degradasi pakan untuk membentuk metabolit ini. Kombinasi kemampuan enzimatik dan biosintetik ini mendukung pandangan bahwa *Chrysosporium* sp. bukan sekadar kontaminan lingkungan, tetapi merupakan mikroorganisme fungsional yang berperan dalam biokonversi nutrisi, stabilitas mikroba usus, dan daya tahan inang terhadap patogen pada ekosistem pencernaan ikan air tawar seperti ikan mas sinyonya.

### 7. Isolat MIJS-5, MIJS-6 dan MIJS-7 dengan Identitas Kelompok *Mycelia sterilia*

Isolat MIJS-5, MIJS-6, dan MIJS-7 dalam penelitian ini dikelompokkan ke dalam kelompok *mycelia sterilia* berdasarkan karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis yang hanya menunjukkan fase vegetatif berupa miselium tanpa pembentukan struktur reproduktif, baik aseksual maupun seksual (Asman *et al.*, 2018; Hidayat, 2022). Secara makroskopis, ketiga isolat memperlihatkan koloni berwarna putih hingga putih krem dengan tekstur *wooly* dan tepi koloni relatif *irregular*, secara mikroskopis tampak hifa hialin, bersekat, dan bercabang tanpa diferensiasi konidiofor/sporangiofor, konidia/spora (Gambar 4. 14). Sehingga identifikasinya tidak dapat ditentukan lebih lanjut berdasarkan pendekatan morfologi.



Gambar 4. 14 Morfologi isolat *Mycelia sterilia*. A. Koloni MIJS-5. B. Koloni MIJS-6. C. Koloni MIJS-7. D. Struktur hifa MIJS-5. E. Struktur hifa MIJS-6. F. Struktur hifa MIJS-7. Perbesaran 100x.

Hasil penapisan isolat menunjukkan bahwa ketiga isolat *mycelia sterilia* memiliki aktivitas amilase, protease, dan katalase, namun negatif terhadap urease. Profil enzimatik ini mengindikasikan potensi fungsional fungi dalam mendegradasi polisakarida dan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana, seperti glukosa, peptida, dan asam amino. Aktivitas katalase positif pada ketiga

isolat juga mengindikasikan kemampuan fungi dalam menetralkan senyawa oksidatif seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), yang secara alami dapat terbentuk akibat aktivitas metabolik mikroba.

### G. Implikasi Sains Terhadap Pendidikan

Hasil penelitian diversitas fungi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya diimplementasikan dalam pendidikan berupa hasil analisis konten pembelajaran pada sub konsep kingdom fungi yang ada pada materi kenakeragaman hayati, sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran kurikulum merdeka fase E. Konten pembelajaran tersebut akan dikemas dalam media pembelajaran sesuai dari hasil analisis kebutuhan guru dan siswa. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan konten pembelajaran melalui serangkaian tahapan sistematis, dimulai dengan identifikasi capaian pembelajaran (CP), analisis komprehensif materi, dan evaluasi kebutuhan guru dan siswa mengenai konten pembelajaran. Proses pengembangan tersebut merujuk pada kerangka kurikulum merdeka, sebuah inovasi kebijakan pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang merupakan penyederhanaan substansif dari kurikulum 2013 (Hasim, 2020).

Kurikulum Merdeka dibangun atas filosofi pendidikan yang progresif, yang secara fundamental menekankan empat prinsip utama: kemandirian belajar, kebebasan berpikir kritis, ruang untuk berinovasi, dan ekspresi kreativitas peserta didik. Pendekatan ini tidak sekedar mentransformasi struktur kurikulum, melainkan menghadirkan paradigma baru dalam praktik pembelajaran yang memberdayakan potensi siswa secara holistik (Rohmatika, 2023). Karakteristik utama dalam kurikulum merdeka berupa pembelajaran berbasis proyek yang dirancang untuk mengembangkan *soft skills* dan karakter peserta didik serta memfokuskan pada tujuh tema utama, salah satunya integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran (Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 262/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran, 2022).

Melalui beberapa tahapan analisis tersebut, penelitian ini ditujukan untuk dapat mengimplementasikan temuan ilmiah ke dalam konten pembelajaran yang

responsif, kontekstual, dan selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka, yakni mengembangkan pembelajaran yang bermakna, mendalam, dan memberdayakan.

#### 1. Analisis Kurikulum

Penelitian yang telah dilakukan terkait keanekaragaman fungsi di pencernaan Ikan Mas Sinyonya dapat diintegrasikan ke dalam <sup>15</sup>Capaian pembelajaran (CP) Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini mengacu pada Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada berbagai jenjang pendidikan dalam Kurikulum Merdeka. Pada konteks mata pelajaran biologi SMA, CP <sup>35</sup>Kurikulum Merdeka terbagi menjadi fase E untuk kelas X dan fase F untuk kelas XI dan XII. Hasil penelitian diversitas fungsi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya dapat diimplementasikan pada Sub Konsep Kingdom Fungi. Hasil analisis kurikulum melalui penelaahan Capaian Pembelajaran (CP) dan pengembangan Tujuan Pembelajaran (TP) menunjukkan bahwa materi mengenai Kingdom Fungi tidak lagi menjadi kompetensi capaian pembelajaran terpisah. Pada kurikulum Merdeka, topik tersebut diintegrasikan ke dalam materi keanekaragaman hayati CP <sup>33</sup>fase E kelas X (Lampiran 1).

Untuk fase F kelas XI, hasil penelitian dapat diaplikasikan dalam pembahasan materi sistem pencernaan dan peran mikroorganisme. Mengingat fokus penelitian pada keberagaman fungsi dalam sistem pencernaan ikan, materi ini sangat sesuai untuk menjelaskan aspek keanekaragaman hayati fungsi dan peranannya dalam sistem biologis. Sehingga, analisis materi lebih ditekankan pada pembahasan keanekaragaman fungsi dan perannya dalam sistem pencernaan, yang disesuaikan dengan hasil penelitian mengenai diversitas fungsi pada pencernaan ikan mas sinyonya.

#### 2. Analisis Materi

Hasil penelitian ini menyajikan data mengenai diversitas fungsi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya yang meliputi identifikasi jenis-jenis fungi, karakteristik morfologi, dan peran fungsi dalam sistem pencernaan ikan. Data-data tersebut kemudian dianalisis dengan menyesuaikan Capaian Pembelajaran pada fase E, khususnya pada materi keanekaragaman hayati sub konsep fungsi. Hasil

analisis dapat dijadikan sebagai bahan materi yang sesuai dengan Capaian Pembelajaran fase E.

Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai informasi tambahan serta pelengkap materi pembelajaran yang bersifat kontekstual dan berbasis potensi lokal. Berdasarkan segi kontekstual, materi ini memiliki relevansi dengan kehidupan sehari-hari karena mengangkat potensi lokal yaitu Ikan Mas Sinyonya sebagai hewan endemik khas Pandeglang, Banten. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran kontekstual yang menghubungkan materi pembelajaran dengan situasi dunia nyata siswa. Pembelajaran yang prosesnya memanfaatkan potensi lokal dan bersifat kontekstual mengubah pembelajaran dari sekadar menghafal menjadi pengalaman langsung yang bermakna, sehingga meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif, dan pemahaman konsep oleh siswa (Firda *et al.*, 2023). Pada aspek konseptual, penelitian ini mencakup konsep dasar fungsi meliputi karakteristik morfologi, klasifikasi, dan peran fungsi dalam sistem biologis. Materi ini sesuai dengan tuntutan Capaian Pembelajaran fase E yang menekankan pemahaman siswa tentang keanekaragaman hayati mikroorganisme. Kompleksitas materi dapat disesuaikan dengan tingkat kognitif siswa SMA, dimulai dari pengenalan berbagai jenis fungsi, pemahaman karakteristik morfologinya, hingga analisis peran fungsi dalam sistem pencernaan ikan.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh 9 isolat fungsi dari pencernaan ikan mas sinyonya, yang terdiri atas 2 jenis isolat khamir dan 7 isolat kapang. Setiap isolat dianalisis berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis, serta aktivitas fisiologis dan enzimatisnya meliputi amilase, protease, katalase dan urease. Data yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan capaian pembelajaran (CP) fase E pada mata pelajaran biologi, khususnya elemen pemahaman biologi yang menekankan pada kemampuan peserta didik untuk mengamati, menganalisis, dan mengkomunikasikan hasil penelitian terkait keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya.

Tabel 4. 3 Analisis Materi Berdasarkan Potensi Hasil Penelitian yang Dapat Dijadikan Konten Pembelajaran Biologi (CP Fase E)

<b>7</b> Capaian Pembelajaran (CP)			
<p>Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan</p>			
Tujuan Pembelajaran	Hasil Penelitian	Materi Pembelajaran yang sesuai	Hasil Analisis Penyesuaian Materi terhadap Hasil Penelitian
<p>Peserta didik dapat menjelaskan konsep sebagai bagian dari keanekaragaman hayati dengan tepat sesuai konsep materi</p>	<p>Penelitian menemukan 9 isolat fungi, terdiri dari 2 khamir dan 8 kapang dari saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya, hewan endemik Pandeglang, Banten</p>	<p>Konsep dan keanekaragaman fungi di tingkat jenis</p>	<p>Pada materi ini, peserta didik dapat mempelajari konsep fungi yang merupakan bagian dari keanekaragaman hayati yang tersebar luas di berbagai habitat, termasuk pencernaan hewan air tawar</p>
<p>Peserta didik dapat mengidentifikasi struktur dan reproduksi fungi berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis</p>	<p><b>23</b> Berdasarkan pengamatan morfologi fungi secara makroskopis dan mikroskopis pada setiap isolat</p>	<p>Struktur morfologi dan reproduksi fungi</p>	<p>Peserta didik dapat mengamati gambar atau preparat fungi hasil penelitian untuk mengidentifikasi struktur dan reproduksi ciri khas khamir dan kapang</p>
<p>Peserta didik dapat menganalisis aktivitas enzimatik fungi dan uji fisiologis khamir untuk menentukan potensi fungsionalnya</p>	<p>Hasil penapisan isolat menunjukkan aktivitas protease, amilase, katalase, dan urease. Uji fermentasi khamir menunjukkan kemampuan fermentasi glukosa, maltosa, dan sukrosa.</p>	<p>Metabolisme fungi (enzim dan proses fermentasi karbohidrat)</p>	<p>Peserta didik dapat menelaah hasil uji enzimatik dan fermentasi karbohidrat untuk memahami potensi fungi</p>
<p>Peserta didik dapat mengevaluasi</p>	<p>Fungi yang ditemukan berpotensi</p>	<p>Diversitas fungi dan perannya</p>	<p>Pada bagian ini, peserta didik dapat</p>

peranan khamir dan kapang dalam kehidupan serta keseimbangan ekosistem	berperan sebagai pengurai bahkan dalam membantu proses pencernaan ikan		mengevaluasi diversitas fungi yang didapat dengan perannya
Peserta didik dapat merancang ide pemanfaatan fungi lokal hasil penelitian sebagai solusi bioteknologi berkelanjutan dalam bentuk laporan pembelajaran kontekstual	Beberapa isolat fungi memiliki potensi bioteknologi, misalnya penghasil enzim dan fermentasi alami atau agen bioteknologi ramah lingkungan sebagai pendegradasi bahan organik	Upaya pelestarian dan pemanfaatan biodiversitas lokal secara berkelanjutan	Pada bagian ini, peserta didik membuat laporan tertulis sederhana dengan merancang ide pemanfaatan fungi sebagai solusi bioteknologi ramah lingkungan untuk pelestarian komoditas lokal

Secara struktur, isolat khamir yang diperoleh menunjukkan ciri berupa sel uniseluler dengan dinding sel, membran sel, sitoplasma, nukleus, dan reproduksi dengan cara bertunas (*budding*) (Kurtzman *et al.*, 2011). Sebaliknya, isolat kapang memperlihatkan struktur multiseluler dengan adanya konidia/spora, hifa dengan perbedaan antara kapang yang memiliki hifa berseptata dan tidak berseptata (Marchiori, 2024). Perbedaan struktur inilah yang dapat dijadikan dasar bagi siswa untuk mengklasifikasikan fungi ke dalam kelompok khamir dan kapang, sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah dirancang.

Berdasarkan hasil uji aktivitas enzimatis memperlihatkan bahwa beberapa isolat memiliki kemampuan memproduksi enzim amilase, protease, dan katalase. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungi berpotensi dalam peran aktif dalam proses biokimia yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran berbasis hasil penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan literasi sains peserta didik, menumbuhkan sikap ilmiah, serta menguatkan profil pelajar pancasila melalui kegiatan observasi, analisis, diskusi, dan refleksi (Fadlullah *et al.*, 2025). Selain itu, penyajian hasil penelitian sebagai konten pembelajaran juga menekankan pentingnya pemanfaatan potensi lokal yaitu Ikan Mas Sinyonya. Sehingga, pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna, sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka (Puspaningrum, 2025; Carolina *et al.*, 2024).

### 3. Analisis Kebutuhan Konten Pembelajaran

Analisis kebutuhan telah dilakukan pada 3 guru mata pelajaran biologi dan siswa di SMAN 1 Pandeglang, SMAN 2 Pandeglang, SMAN 3 Kota Serang (Lampiran 6). Hasil analisis kebutuhan terhadap tiga guru mata pelajaran Biologi menunjukkan bahwa seluruh responden belum memiliki pengetahuan mengenai keberadaan Ikan Mas Sinyonya sebagai salah satu ras ikan lokal khas Banten, serta belum pernah mengangkat isu keberadaan dan peran fungsi pada sistem pencernaan ikan dalam pembelajaran. Temuan ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara potensi sumber belajar berbasis keanekaragaman hayati lokal dengan konten pembelajaran yang selama ini digunakan di sekolah. Padahal, pemanfaatan objek lokal dalam pembelajaran biologi dapat meningkatkan relevansi materi dan membantu siswa mengaitkan konsep abstrak dengan fenomena nyata di lingkungan sekitarnya (Rahardini *et al.*, 2017; Shufa, 2018).

Ketiga guru berpendapat bahwa hasil penelitian ini berpotensi dikembangkan sebagai inovasi dan alternatif konten bahan ajar biologi. Guru merekomendasikan pengemasan konten dalam bentuk pembelajaran berbasis praktikum yang dilengkapi lembar kegiatan siswa, karena memungkinkan siswa mengamati langsung variasi dan struktur fungsi serta terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini dinilai sejalan dengan karakteristik pembelajaran biologi yang menekankan keterampilan proses sains dan pengalaman belajar autentik, serta efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan literasi sains siswa (Lase *et al.*, 2016; Wilujeng *et al.*, 2019; Hasan *et al.*, 2017).

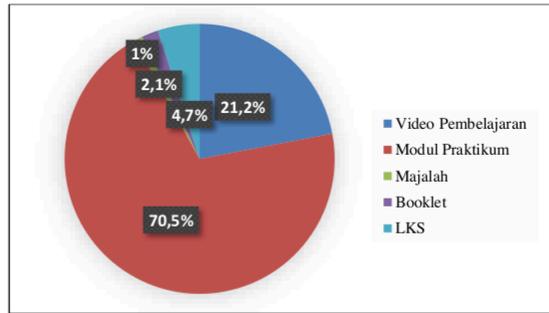
Berdasarkan hasil analisis kebutuhan peserta didik terhadap konten pembelajaran sub konsep kingdom fungi (Lampiran 7), sebanyak 42% siswa menyatakan tidak dapat memahami konsep fungsi dengan baik, terutama terkait aspek mikroskopis fungsi yang sulit diamati tanpa bantuan media yang mendukung. Kesulitan siswa dalam memahami materi kingdom fungsi disebabkan karena materi yang bersifat abstrak (Yarza *et al.*, 2021). Keterbatasan pengalaman langsung dalam mengamati struktur morfologi fungsi, minimnya sumber dan media pembelajaran yang memadai, serta kurangnya konteks aplikatif yang menghubungkan fungsi dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang hanya mengandalkan metode ceramah dan buku teks dinilai belum efektif dalam

membangun pemahaman konseptual <sup>47</sup> siswa terhadap materi yang bersifat klasifikatif dan abstrak, sehingga diperlukan pengembangan media pembelajaran interaktif yang dapat memvisualkan konsep abstrak menjadi lebih konkret (Hidayah *et al.*, 2023).

Sebanyak 99,5% siswa memiliki akses perangkat digital (HP, laptop, dll.), sementara hanya 0,5% yang tidak. Tingkat aksesibilitas yang sangat tinggi ini menciptakan peluang besar untuk menginteraksikan teknologi digital dalam pembelajaran biologi. Fakta ini sangat mendukung integrasi konten digital dalam pembelajaran biologi, termasuk pengembangan media berbasis digital. Aksesibilitas yang tinggi ini menjadi peluang besar untuk meningkatkan literasi digital siswa sekaligus memperkaya metode pembelajaran.

Mayoritas sebanyak 76,7% siswa belum mengenal Ikan Mas Sinyonya, bahkan 79,8% tidak mengetahui bahwa ikan ini merupakan spesies lokal khas Pandeglang. Temuan tersebut menunjukkan rendahnya pengetahuan siswa tentang biodiversitas lokal. Mengindikasikan perlunya penguatan konten pembelajaran kontekstual berbasis potensi hayati lokal dalam pembelajaran biologi, untuk menumbuhkan rasa kepedulian terhadap konservasi dan potensi sumber daya daerah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa 70,5% siswa memilih e-modul praktikum, diikuti 21,2% siswa memilih video pembelajaran, 4,7% memilih LKS, 2,1% memilih booklet dan 1% memilih majalah. Pemilihan e-modul praktikum sebagai sumber belajar memperlihatkan adanya kebutuhan akan media digital interaktif yang tidak hanya menyajikan teori, tetapi juga memandu kegiatan eksperimen sederhana yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Sehingga, hasil penelitian tentang diversitas fungi pada pencernaan Ikan Mas Sinyonya berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi e-modul praktikum yang sesuai dengan kebutuhan siswa.

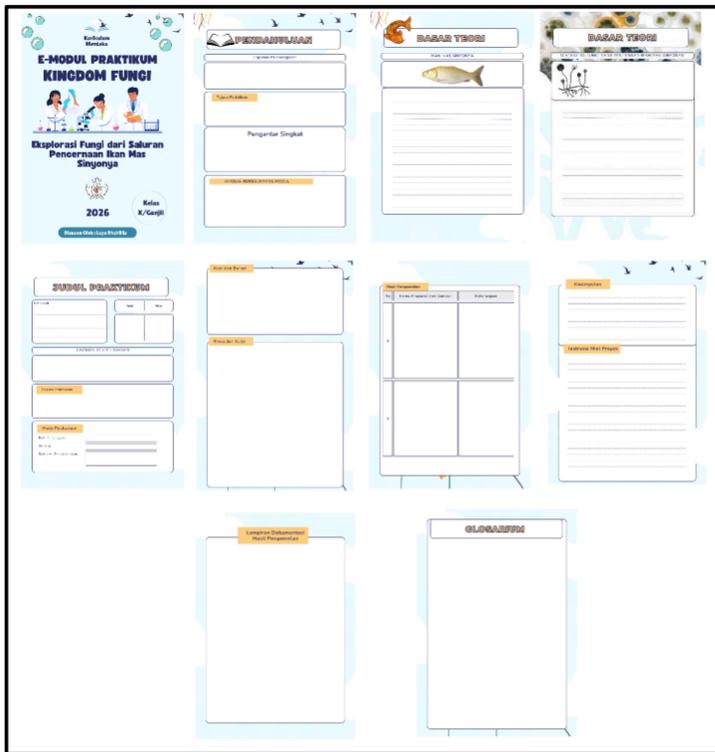


Gambar 4. 15 Preferensi siswa terhadap bentuk pengemasan konten pembelajaran fungi

Melalui kegiatan praktikum yang melibatkan pengamatan langsung dan analisis hasil, peserta didik didorong untuk membangun pemahaman konsep secara mandiri berdasarkan pengalaman belajar yang diperoleh. Sehingga, pembelajaran tidak hanya bersifat hafalan konsep, tetapi menekankan pada proses dan keterampilan ilmiah. Pada proses pembelajaran di kelas, modul praktikum yang direkomendasikan ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar kontekstual yang mendukung proses pembelajaran siswa. Materi dalam modul memuat pengenalan fungi yang ditemukan pada saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya, disertai deskripsi karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis sebagai dasar pengenalan dan identifikasi awal fungi. Kegiatan praktikum diarahkan pada pengamatan struktur dan pengelompokan fungi berdasarkan ciri morfologi tanpa menekankan identifikasi taksonomi hingga tingkat spesies. Modul juga menyajikan pembahasan mengenai potensi peranan fungi dalam sistem pencernaan ikan yang dikaji secara konseptual berdasarkan hasil penelitian dan literatur, serta keterkaitannya dengan aspek ekologi dan pengantar aplikasi bioteknologi secara sederhana.

Pembuatan *storyboard* diawali dengan melakukan penelitian kebutuhan peserta didik. Berdasarkan hasil penelitian kebutuhan tersebut, peserta didik lebih memahami dan menikmati belajar Biologi ketika melibatkan proses pembelajaran interaktif. Maka diperlukan suatu media pembelajaran yakni modul praktikum. Modul dikembangkan terdiri atas bagian awal, bagian inti yang memuat kegiatan

praktikum dan lembar kerja siswa, serta bagian penutup yang mencakup evaluasi dan refleksi pembelajaran yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Storyboard e-modul praktikum pembelajaran fungi

a. Bagian Awal

Bagian awal modul praktikum ini diawali dengan pengenalan terhadap topik eksplorasi fungi, khususnya fungi yang ditemukan pada saluran pencernaan Ikan Mas Sinyonya. Pada bagian ini, siswa diperkenalkan pada konteks biologis dan relevansi materi melalui uraian mengenai peran fungi sebagai organisme penting dalam ekosistem, baik sebagai dekomposer, simbiosis, maupun agen bioteknologi. Modul memuat deskripsi singkat mengenai tujuan pembelajaran, kompetensi yang diharapkan, serta gambaran

umum alur kegiatan praktikum. Ilustrasi dan visual pendukung seperti gambar ikan, koloni fungi, serta ikon-ikon morfologi disertakan untuk menarik perhatian siswa dan membangun pemahaman awal. Selain itu, terdapat instruksi singkat yang mengarahkan siswa untuk menyiapkan alat tulis, lembar kerja siswa (LKS), dan perlengkapan laboratorium sebelum memasuki kegiatan inti.

b. Bagian Inti

Bagian inti modul memuat seluruh rangkaian kegiatan praktikum yang dilakukan di laboratorium. Kegiatan diawali dengan pengamatan makroskopis terhadap isolat fungi hasil penelitian, siswa diarahkan untuk mengamati dan mencatat ciri visual seperti warna koloni, tekstur, dan tepi pertumbuhan. Setelah itu, siswa melanjutkan pada pengamatan mikroskopis menggunakan mikroskop cahaya untuk mengidentifikasi struktur hifa baik yang bersekat maupun tidak bersekat, percabangan hifa, bentuk spora/konidia pada kapang, serta bentuk sel khamir. Kegiatan pengamatan langsung dilakukan untuk membangun keterampilan observasi ilmiah, meningkatkan literasi visual dan kemampuan deskriptif siswa dalam mengomunikasikan data biologis secara sistematis, serta mengembangkan kemampuan analisis visual, dan keterampilan penggunaan alat laboratorium (Riski *et al.*, 2025; Juraidah *et al.*, 2023)).

Kegiatan berikutnya yaitu serangkaian uji enzimatis yang meliputi uji protease, amilase, katalase, dan urease. Siswa diminta menganalisis perubahan visual tertentu, misalnya terbentuk zona bening sebagai indikator kemampuan fungi dalam mendegradasi pati dan protein. Pada uji katalase, munculnya gelembung gas setelah penambahan larutan hidrogen peroksida diamati sebagai tanda aktivitas enzim katalase, sedangkan pada uji urease peserta didik mengamati perubahan warna media sebagai indikator hidrolisis urea. Sehingga, siswa tidak hanya memahami konsep kerja enzim, tetapi juga mengenal peran fungi sebagai penghasil enzim yang berpotensi dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi dan pengolahan lingkungan. Kegiatan tersebut juga dilakukan untuk memperkuat pemahaman konsep respirasi dan fermentasi sekaligus

menunjukkan aplikasi nyata khamir dalam bidang pangan dan bioteknologi (Riyaldi *et al.*, 2021).

Setiap kegiatan dilengkapi tabel pengamatan dan pertanyaan analitis pada lembar kerja siswa untuk mendorong kemampuan berpikir kritis. Pada bagian akhir dari kegiatan inti, Pada bagian akhir kegiatan inti, peserta didik diarahkan untuk melakukan refleksi dan menyimpulkan hasil praktikum secara tertulis sebagai bentuk integrasi antara pengamatan, analisis, dan pemahaman konseptual. Tahap refleksi ini penting dalam pembelajaran berbasis praktikum karena membantu peserta didik mengonstruksi pengetahuan secara bermakna dan mengembangkan kemampuan penalaran ilmiah (Prabowo *et al.*, 2016; Puspita, 2019).

c. Bagian Penutup

Bagian penutup modul berisi instruksi pembuatan proyek mini berupa laporan tertulis sederhana dengan merancang ide pemanfaatan fungi sebagai solusi ramah lingkungan serta penekanan pada pentingnya peran fungi dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Selain itu, terdapat kolom refleksi untuk mendorong siswa menilai pengalaman belajar mereka, termasuk tantangan, temuan menarik, dan potensi aplikasi pengetahuan di dunia nyata. Modul ditutup dengan pesan edukatif mengenai pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati serta dorongan agar siswa terus mengembangkan rasa ingin tahu ilmiah dalam mempelajari organisme mikro seperti fungi. Pada halaman terakhir terdapat glosarium berisi kumpulan daftar kata atau istilah yang disusun secara alfabetis dan dilengkapi dengan penunjuk halaman.

### A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat dua isolat khamir dan tujuh isolat kapang yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi secara awal berdasarkan karakteristik makroskopis, mikroskopis, serta uji fisiologis dan enzimatik. Hasil identifikasi menunjukkan isolat kapang yang teramati meliputi *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Robillarda* sp., *Chrysosporium* sp., dan *Mycelia sterilia*, sedangkan isolat khamir termasuk ke dalam *Candida* sp. dan *Rhodotorula* sp. Penapisan isolat berdasarkan kemampuan enzimatik menunjukkan bahwa sebagian besar isolat memiliki aktivitas amilase, protease, dan katalase, yang mengindikasikan potensi peran fungsi dalam membantu proses degradasi nutrien pakan di saluran pencernaan ikan. Selain itu, hasil analisis kebutuhan guru dan siswa menunjukkan bahwa temuan penelitian ini relevan untuk dikembangkan sebagai konten pembelajaran kontekstual yang dikemas dalam bentuk modul praktikum digital pada materi Kingdom Fungi di tingkat SMA.

### B. SARAN

1. Identifikasi molekuler diperlukan untuk memastikan identitas spesies setiap isolat fungi yang ditemukan. Sehingga memberikan hasil identifikasi yang lebih akurat.
2. Uji in vivo terhadap isolat khamir dan kapang potensial disarankan untuk mengetahui pengaruh nyata terhadap pertumbuhan, imunitas, dan kesehatan ikan mas sinyonya. Hal ini dapat menjadi dasar pengembangan formulasi probiotik berbasis fungi untuk budidaya ikan air tawar.
3. Pengembangan sumber atau media pembelajaran dapat disesuaikan dengan data hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan ke tiga sekolah.

# turnitin sidang.pdf

## ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	2%
2	<a href="http://ejournal.unesa.ac.id">ejournal.unesa.ac.id</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<1%
5	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Internet Source	<1%
6	<a href="http://eprints.umg.ac.id">eprints.umg.ac.id</a> Internet Source	<1%
7	<a href="http://repositori.uin-alauddin.ac.id">repositori.uin-alauddin.ac.id</a> Internet Source	<1%
8	<a href="http://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<1%
9	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	<1%
10	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	<1%

<1 %

11 [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)  
Internet Source

<1 %

12 [core.ac.uk](http://core.ac.uk)  
Internet Source

<1 %

13 [id.123dok.com](http://id.123dok.com)  
Internet Source

<1 %

14 [fr.scribd.com](http://fr.scribd.com)  
Internet Source

<1 %

15 [www.gurusekolah.net](http://www.gurusekolah.net)  
Internet Source

<1 %

16 [docobook.com](http://docobook.com)  
Internet Source

<1 %

17 [www.melekperikanan.com](http://www.melekperikanan.com)  
Internet Source

<1 %

18 [saintif.com](http://saintif.com)  
Internet Source

<1 %

19 [diskominfo.bantenprov.go.id](http://diskominfo.bantenprov.go.id)  
Internet Source

<1 %

20 [repository.usd.ac.id](http://repository.usd.ac.id)  
Internet Source

<1 %

21 Festiyed Festiyed, Mega Elvianasti, Skunda Diliarosta, Prima Anggana. "Pemahaman Guru Biologi SMA di Sekolah Penggerak DKI Jakarta terhadap Pendekatan Etnosains pada

<1 %

# Kurikulum Merdeka", Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan, 2022

Publication

---

22	<a href="https://etheses.iainkediri.ac.id">etheses.iainkediri.ac.id</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="https://repo.unand.ac.id">repo.unand.ac.id</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="https://repositori.usu.ac.id">repositori.usu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="https://digilibadmin.unismuh.ac.id">digilibadmin.unismuh.ac.id</a> Internet Source	<1 %
26	Cristina Nugroho Ekowati, Mica Mirani, Kusuma Handayani, Rochmah Agustrina. "DETECTION OF NITROGENASE PRODUCING BACTERIA FROM THE SOIL OF LIWA BOTANICAL GARDEN", Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH), 2021 Publication	<1 %
27	<a href="https://caridokumen.com">caridokumen.com</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="https://eprints.umm.ac.id">eprints.umm.ac.id</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="https://lib.unnes.ac.id">lib.unnes.ac.id</a> Internet Source	<1 %
30	<a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Internet Source	<1 %

---

31	<a href="http://perikanan85.blogspot.com">perikanan85.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
32	<a href="http://www.jurnal-umbuton.ac.id">www.jurnal-umbuton.ac.id</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
34	Chindy Achika Rori, Febby Ester Fany Kandou, Agustina Monalisa Tangapo. "Aktivitas Enzim Ekstraseluler dari Bakteri Endofit Tumbuhan Mangrove Avicennia marina", JURNAL BIOS LOGOS, 2020 Publication	<1 %
35	Submitted to IAIN Purwokerto Student Paper	<1 %
36	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov">www.ncbi.nlm.nih.gov</a> Internet Source	<1 %
38	Hendriyanto, Hendriyanto. "Manajemen Pengembangan Sumber Daya Pendidik di MTs Ma'Arif NU 01 Gandrungmangu Kabupaten Cilacap.", Universitas Islam Negeri Saifuddin Zuhri (Indonesia) Publication	<1 %
39	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Internet Source	<1 %

40

Internet Source

&lt;1 %

41

[jurnal.iain-antasari.ac.id](http://jurnal.iain-antasari.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

42

Eka Kartika Untari, Sri Wahdaningsih, Agustia Damayanti. "Efek Fraksi n-Heksana Kulit *Hylocereus polyrhizus* Terhadap Aktivitas Katalase Tikus Stres Oksidatif", *Pharmaceutical Sciences and Research*, 2014

Publication

&lt;1 %

43

Meiskha Bahar, Fajriati Zulfa. "Potention of Antibacterial Isolat Actinomycetes to Proteolytic and Amilolytic Activity *Escherichia Coli* ATTC 25922", *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 2018

Publication

&lt;1 %

44

Viola Ananda Jerika Putri, David Limanan, Frans Ferdinal, Eny Yulianti. "Efek Pemberian Penta Herbs Forte Terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Katalase Hati Tikus Sprague Dawley Yang Diinduksi Hipoksia Sistemik Kronik", *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 2026

Publication

&lt;1 %

45

[repository.upstegal.ac.id](http://repository.upstegal.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

46

[semnas-matematika.stkip-pgri-sumbar.ac.id](http://semnas-matematika.stkip-pgri-sumbar.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

47	M. Wafa Kusuma, Tiara Nuramalia, Tiara Qurotul Ain, Yadi Heryadi. "Persepsi Siswa terhadap Penggunaan Media Video Animasi dalam Pembelajaran Energi dan Perubahannya di Sekolah Dasar", Ibtida'i : Jurnal Kependidikan Dasar, 2025 Publication	<1 %
48	<a href="http://ejournal.radenintan.ac.id">ejournal.radenintan.ac.id</a> Internet Source	<1 %
49	<a href="http://eprints.unisbank.ac.id">eprints.unisbank.ac.id</a> Internet Source	<1 %
50	<a href="http://njlm.net">njlm.net</a> Internet Source	<1 %
51	<a href="http://scholar.unand.ac.id">scholar.unand.ac.id</a> Internet Source	<1 %
52	<a href="http://www.unisbank.ac.id">www.unisbank.ac.id</a> Internet Source	<1 %
53	<a href="http://digilib.uinsby.ac.id">digilib.uinsby.ac.id</a> Internet Source	<1 %
54	<a href="http://ejournal.unib.ac.id">ejournal.unib.ac.id</a> Internet Source	<1 %
55	Submitted to UNIVERSITAS BUDI LUHUR Student Paper	<1 %
56	Submitted to Universitas Airlangga-1 Student Paper	<1 %
57	<a href="http://gyamarta21.wordpress.com">gyamarta21.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %

<1 %

58

[jurnal.unej.ac.id](http://jurnal.unej.ac.id)

Internet Source

<1 %

59

[ojolali23.blogspot.com](http://ojolali23.blogspot.com)

Internet Source

<1 %

60

[repository.uhamka.ac.id](http://repository.uhamka.ac.id)

Internet Source

<1 %

61

[rri.co.id](http://rri.co.id)

Internet Source

<1 %

62

Lisnawati Sinaga, Rahmad Lingga, Budi Afriyansyah, Mu'alimah Hudatwi.

"IDENTIFIKASI JAMUR MIKROSKOPIK DARI TAMBAK UDANG *Litopenaeus vannamei* SISTEM SEMI-INTENSIF", EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi, 2020

Publication

<1 %

63

M Auval Marom, Kukuh Munandar, Indah Rakhmawati Afrida. "Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Kotoran Luwak Liar dan Luwak Penangkaran untuk Fermentasi Kopi", BIO-CONS : Jurnal Biologi dan Konservasi, 2025

Publication

<1 %

64

Romadhon Romadhon, Yudhomenggolo Sastro Darmanto, Retno Ayu Kurniasih. "The Difference Characteristicsof Collagen from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Bone, Skin,

<1 %

and Scales", Jurnal Pengolahan Hasil  
Perikanan Indonesia, 2019

Publication

---

65	<a href="http://ejournal.unsrat.ac.id">ejournal.unsrat.ac.id</a> Internet Source	<1 %
66	<a href="http://generasibiologi.com">generasibiologi.com</a> Internet Source	<1 %
67	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Internet Source	<1 %
68	<a href="http://prodep.kemdikbud.go.id">prodep.kemdikbud.go.id</a> Internet Source	<1 %
69	<a href="http://repository.upi.edu">repository.upi.edu</a> Internet Source	<1 %
70	<a href="http://riadyan.blogspot.com">riadyan.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
71	<a href="http://www.scilit.net">www.scilit.net</a> Internet Source	<1 %
72	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	<1 %
73	Sari, Sofa Mei Ika. "Implementasi Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Berbasis Kurikulum Merdeka di smk Negeri 1 Banyumas dan smk Negeri 2 Purwokerto.", Universitas Islam Negeri Saifuddin Zuhri (Indonesia) Publication	<1 %

---

[apikdewefppundip2011.wordpress.com](http://apikdewefppundip2011.wordpress.com)

74	Internet Source	<1 %
75	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
76	digilib.iain-jember.ac.id Internet Source	<1 %
77	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
78	doczz.pl Internet Source	<1 %
79	e-journal.undikma.ac.id Internet Source	<1 %
80	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
81	id.scribd.com Internet Source	<1 %
82	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
83	repository.bbg.ac.id Internet Source	<1 %
84	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
85	sikola.ppj.unp.ac.id Internet Source	<1 %
86	Febi S.D. Saragih, Henky Manoppo, Suzanne L. Undap, Edwin L. A. Ngangi, Sammy N. J.	<1 %

Longdong, Diane J. Kusen. "Application of probiotic bacteria isolated from catfish (*Clarias batrachus*) intestine to enhance growth performance and resistance of carp (*Cyprinus carpio*) against *Aeromonas hydrophila*", JURNAL ILMIAH PLATAX, 2019

Publication

87

[journal.uinjkt.ac.id](http://journal.uinjkt.ac.id)

Internet Source

<1 %

88

[repository.unair.ac.id](http://repository.unair.ac.id)

Internet Source

<1 %

89

[44nuralimpasingi.wordpress.com](http://44nuralimpasingi.wordpress.com)

Internet Source

<1 %

90

Nurlia Ginting, Wuri Wuryandani, Sekar Purbarini Kawuryan, Ali Mustadi, Fery Muhamad Firdaus, Jonni Sitorus. "Factors influencing students' critical skills and cultural literacy skills: including the factors of educational environment, culture openness, socio-cultural interactions, and information access", *Frontiers in Education*, 2026

Publication

<1 %

91

Rahmatia Garwan, Harsi Kusumaningrum, Tati Nurhayati, Hanifah Nuryani Lioe. "Karakterisasi Jeroan Ikan Cakalang sebagai Skrining Awal Bahan Baku Perangkap Lalat Rumah *Musca domestica* dan Antibakteri", *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 2022

<1 %

92

Taufik Nurhayati. "Peningkatan Kemampuan Berbahasa Indonesia Melalui Penerapan Model Pembelajaran Role Playing pada Pembelajaran Bahasa Indonesia", INTELEKTIVUM, 2023

Publication

---

<1%

93

ikan-air-tawar.blogspot.com

Internet Source

---

<1%

94

repository.its.ac.id

Internet Source

---

<1%

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off