

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).

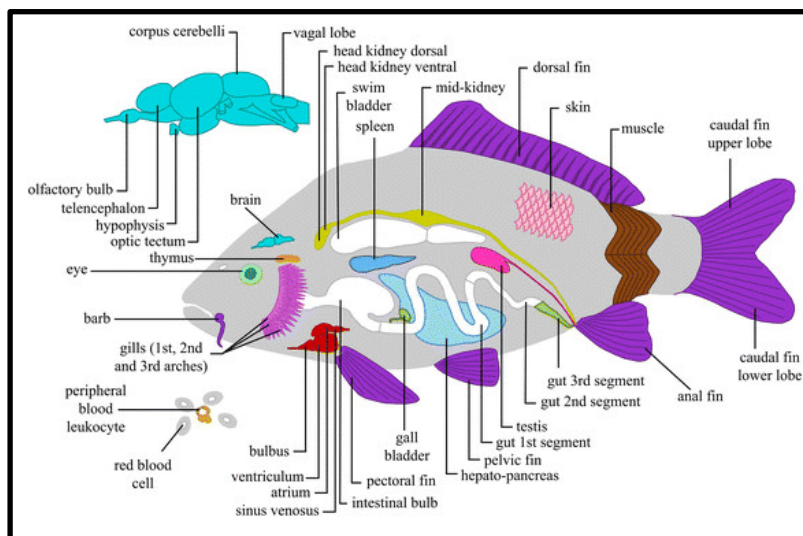
Ikan mas sinyonya memiliki bentuk tubuh memanjang dan punggungnya lebih rendah dibandingkan dengan ikan mas punten. Perbandingan antara panjang dan tinggi badannya sekitar 3,66:1. Sisik ikan mas ini berwarna kuning muda seperti warna jeruk sitrus. Ikan yang masih muda, matanya sedikit menonjol dan setelah 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,

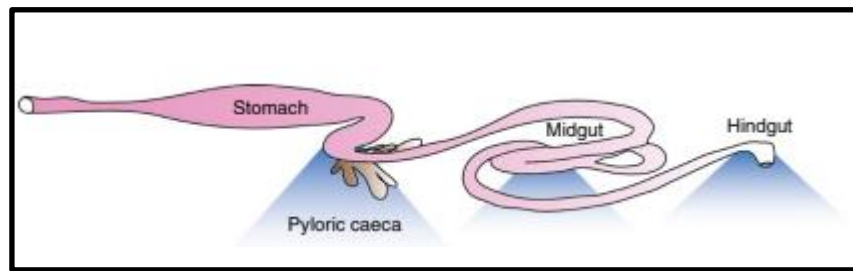
sepasang mata, sepasang lubang hidung terletak di bagian kepala, dan tutup insang terletak di bagian belakang kepala. Seluruh bagian tubuh ikan mas ditutupi dengan sisik yang besar, dan berjenis *cycloid* yaitu sisik halus yang berbentuk lingkaran. Ikan Mas memiliki lima buah sirip, yaitu sirip punggung 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 β -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 & Pylkkö, 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. 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).

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).