



Kajian Literatur tentang Sel Eukariotik pada Mikroorganism (Jamur dan Protista) dalam Perspektif Mikrobiologi dan Pendidikan Biologi

Najwa Hasyifa¹, Elifia Dwi Utami², Rizky Afifah Alfi³, Widia Azhari Saputri⁴, Nabila Az Zahra⁵, Nadia Rahma⁶, Rimsa Desela Putri⁷, Miftahul Khairani⁸

¹⁻⁸Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email: nhasyifa12@gmail.com^{1*}, elifiadwiutami@gmail.com², rizkyafifahalfi@gmail.com³, widiaazhari8898@gmail.com⁴, buntalkusayang05@gmail.com⁵, nadiarahma110223@gmail.com⁶, rimsapanjaitan@gmail.com⁷, miftahulhairani92@gmail.com⁸

*Penulis korespondensi: nhasyifa12@gmail.com¹

Abstract. *Eukaryotic microorganisms, particularly fungi and protists, play a vital role in ecosystems, as well as in microbiology studies and biology education. The complex structure of eukaryotic cells, such as a true nucleus and membrane-bound organelles, enables these two groups to perform diverse physiological functions and adapt to their environments. This study aims to synthesize the literature on the structure and function of eukaryotic cells in fungi and protists and their implications for biology learning. The method used is a literature review with a descriptive qualitative approach through analysis of relevant scientific sources. The results of this study indicate that understanding the structure of eukaryotic cells in fungi and protists is not only important in the context of microbiology but also contributes to strengthening understanding of the concept of cell structure and function and making biology learning more contextual and meaningful.*

Keywords: *Biology Learning; Cell Structure; Jamur Protista; Microorganism Eucharitotics; Physiological Functions*

Abstrak. Mikroorganism eukariotik, khususnya jamur dan protista, memiliki peran penting dalam ekosistem serta dalam kajian mikrobiologi dan pendidikan biologi. Struktur sel eukariotik yang kompleks, seperti inti sejati dan organel bermembran, memungkinkan kedua kelompok ini menjalankan fungsi fisiologis yang beragam dan beradaptasi terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan menyintesis literatur mengenai struktur dan fungsi sel eukariotik pada jamur dan protista serta implikasinya dalam pembelajaran biologi. Metode yang digunakan adalah kajian literatur dengan pendekatan kualitatif deskriptif melalui analisis sumber ilmiah yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemahaman struktur sel eukariotik jamur dan protista tidak hanya penting dalam konteks mikrobiologi, tetapi juga berkontribusi dalam memperkuat pemahaman konsep struktur-fungsi sel serta pembelajaran biologi yang lebih kontekstual dan bermakna.

Kata Kunci. Fungsi Fisiologis; Jamur Protista; Mikroorganism Eukariotik; Pembelajaran Biologi; Struktur Sel

1. PENDAHULUAN

Keberlangsungan kehidupan di biosfer sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganism yang berperan dalam mengatur aliran energi, mendaur ulang unsur hara, serta menopang keseimbangan ekosistem melalui berbagai bentuk interaksi biologis di beragam habitat. Dalam kelompok ini, eukariota mikroskopis, khususnya jamur dan protista, menunjukkan kontribusi yang signifikan, di mana jamur berfungsi sebagai pengurai utama, mitra simbiotik, maupun agen patogen yang berdampak pada proses-proses ekologi dalam berbagai skala (Bahram & Netherway, 2021), sedangkan protista tidak hanya berperan sebagai komponen pelengkap dalam komunitas mikroba, tetapi juga sebagai aktor penting yang membentuk struktur dan fungsi jejaring mikroba, misalnya sebagai pemangsa bakteri dan jamur, parasit, atau organism mixotrof (Geisen et al., 2018). Kemajuan teknik molekuler,

seperti metabarcoding, semakin memperkuat bukti bahwa protista memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi dan berkontribusi besar terhadap dinamika komunitas eukariota mikroskopis di alam (Burki et al., 2021). Selain relevansi ekologis, eukariota mikro juga memiliki nilai terapan yang signifikan; jamur telah lama dimanfaatkan sebagai platform penting dalam bioteknologi industri melalui produksi asam organik, enzim, dan metabolit sekunder (Cairns et al., 2018), sementara protista semakin diakui perannya dalam mendukung kesehatan inang, misalnya melalui interaksinya dalam mikrobioma (Gerrick & Howitt, 2025), serta dalam aspek patogenesis melalui relasi protista dan bakteri yang dapat memengaruhi kesehatan manusia.

Dalam kajian mikrobiologi, mikroorganisme secara umum diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama berdasarkan tingkat kompleksitas selnya, yaitu prokariotik dan eukariotik. Sel prokariotik memiliki struktur yang relatif sederhana karena tidak memiliki membran inti serta organel bermembran, sedangkan sel eukariotik menunjukkan tingkat organisasi yang lebih kompleks dengan keberadaan inti sejati dan berbagai organel yang menjalankan fungsi spesifik di dalam sel (Vellai & Vida, 1999). Perbedaan ini tidak hanya tampak pada struktur internal sel, tetapi juga pada ukuran, sistem sitoskeleton, serta mekanisme regulasi genetik yang lebih terintegrasi pada eukariota (Cooper, 2000). Keberadaan organel seperti mitokondria, retikulum endoplasma, dan badan Golgi memungkinkan berlangsungnya proses metabolik secara lebih terkompartemen dan efisien (Kumar, 2021). Dalam konteks ini, jamur dan protista termasuk dalam kelompok mikroorganisme eukariotik yang memiliki ciri khas struktur sel kompleks, sehingga menjadi objek kajian penting dalam memahami evolusi, fungsi, dan adaptasi mikroorganisme tingkat tinggi dalam ekosistem (De J., 2023).

Jamur dan protista memiliki peran ekologis yang sangat penting dalam ekosistem mikroba, terutama dalam siklus nutrisi dan dinamika komunitas. Jamur berkontribusi utama dalam proses dekomposisi bahan organik serta berperan dalam hubungan simbiotik, seperti asosiasi mikoriza, yang meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Bahram et al., 2021; Zhang et al., 2024). Di sisi lain, protista berfungsi sebagai pengendali populasi mikroba melalui aktivitas predasi serta sebagai komponen jejaring trofik yang kompleks (Berlinches de Gea et al., 2025). Aktivitas ini berkontribusi terhadap stabilitas komunitas mikroorganisme dan keseimbangan fungsi ekosistem (Yang et al., 2025; Hao et al., 2024).

Jamur dan protista tidak hanya penting secara ekologis, tetapi juga memiliki nilai terapan yang signifikan dalam berbagai bidang. Jamur telah lama dimanfaatkan dalam bioteknologi sebagai penghasil enzim, metabolit sekunder, dan produk fermentasi yang digunakan dalam industri pangan, farmasi, dan lingkungan (Xu et al., 2023). Sementara itu,

protista berperan dalam menjaga kualitas tanah, mendukung siklus nutrisi, serta berpotensi sebagai bioindikator kesehatan ekosistem (Degruene et al., 2024). Pemahaman terhadap potensi terapan kedua kelompok ini penting untuk mengaitkan konsep struktur sel eukariotik dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam konteks pembelajaran biologi (Sari et al., 2021).

Kajian mikrobiologi menempatkan struktur sel eukariotik pada jamur dan protista sebagai fondasi penting dalam menjelaskan respons fisiologis serta kemampuan adaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Sel eukariotik dicirikan oleh keberadaan membran inti dan organel bermembran dengan tingkat organisasi yang tinggi, sehingga memengaruhi proses metabolik, mekanisme pembelahan sel, serta regulasi genetik secara berbeda dibandingkan dengan sel prokariotik (Roger et al., 2017). Jamur menunjukkan variasi struktur sel yang berkaitan dengan kemampuan beradaptasi terhadap stres lingkungan dan sumber nutrisi yang heterogen (Bowman et al., 2020). Begitu pula protista memiliki keragaman morfologi dan jalur metabolik yang menunjukkan strategi adaptasi unik dalam siklus hidupnya (Keeling et al., 2014). Meskipun telah banyak penelitian mengenai aspek taksonomi dan ekologi kedua kelompok ini, kajian yang secara eksplisit menghubungkan struktur sel eukariotik dengan fungsi fisiologis dan adaptabilitas mikroba masih relatif terbatas, menunjukkan perlunya ulasan literatur yang lebih terintegrasi dalam konteks mikrobiologi sel dan fungsi.

Pemahaman tentang konsep sel dan mikroorganisme sering menjadi tantangan dalam pembelajaran biologi formal karena muatan materi yang abstrak dan kompleks, termasuk perbedaan struktur serta fungsi sel eukariotik yang sulit divisualisasikan oleh peserta didik (Bouali et al., 2022). Studi pendidikan biologi menunjukkan bahwa banyak mahasiswa biologi memiliki miskonsepsi tentang hubungan struktur fungsi sel, seperti kesulitan menghubungkan struktur membran dengan fungsi transportasi atau organel seluler lainnya (Bouali et al., 2025). Di tingkat pendidikan menengah dan perguruan tinggi, tantangan yang sama muncul karena keterbatasan sumber pembelajaran yang mampu menggambarkan fenomena mikroskopis secara konkret, sehingga proses pembelajaran sering gagal menyampaikan keterkaitan struktur sel dengan fenomena biologis nyata (Amorim et al., 2025). Selain itu, kurikulum biologi belum selalu menempatkan mikrobiologi sel eukariotik pada prioritas utama pembelajaran, sehingga pengetahuan tentang jamur dan protista cenderung terbatas pada aspek taksonomi dan karakteristik umum tanpa pengaitan eksplisit ke fungsi biologis yang lebih dalam (Journal of Microbiology & Biology Education, 2024). Akibatnya, gap dalam pembelajaran ini menunjukkan kebutuhan akan strategi pedagogis yang lebih efektif yang dapat membantu

siswa menjembatani tingkat abstraksi materi seluler dan aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari serta penelitian biologi kontemporer.

Pembelajaran konsep sel, khususnya perbedaan struktur dan fungsi sel, sering menimbulkan kesulitan karena sifatnya yang mikroskopis dan abstrak, sehingga peserta didik rentan membangun miskonsepsi. Instrumen diagnostik dalam pendidikan biologi menunjukkan bahwa miskonsepsi tentang konsep sel masih banyak ditemukan pada calon guru dan mahasiswa biologi, yang menandakan perlunya penanganan konseptual yang lebih terarah (Suwono et al., 2021). Upaya perbaikan pemahaman menuntut desain aktivitas belajar yang mendorong penalaran ilmiah, karena pendekatan berbasis tugas reflektif terbukti mampu mengungkap dan mereduksi miskonsepsi tertentu (Halim et al., 2018). Namun, implementasi pembelajaran aktif sering kali tidak konsisten secara konseptual, sehingga tidak selalu efektif dalam menjembatani konsep abstrak biologi sel (Driessen et al., 2020). Dalam konteks mikrobiologi, aktivitas hands-on yang memodelkan perbedaan struktur sel dilaporkan dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa (Tripepi & Schapiro, 2024). Oleh karena itu, gap pembelajaran terletak pada masih terbatasnya sintesis yang mengaitkan struktur sel eukariotik jamur dan protista dengan strategi pedagogis yang konsisten dan berbasis bukti (Stranford et al., 2020).

Meskipun jamur dan protista telah banyak dibahas dalam konteks taksonomi, ekologi, dan perannya dalam ekosistem, kajian yang mengaitkan karakteristik sel eukariotik dengan fungsi fisiologisnya serta implikasinya dalam pembelajaran biologi masih relatif terbatas. Sebagian besar literatur cenderung memisahkan pembahasan mikrobiologi seluler dari konteks pedagogis, sehingga keterkaitan antara struktur sel dan pemahaman konseptual peserta didik belum banyak dianalisis secara sistematis. Oleh karena itu, artikel ini menyajikan sintesis literatur mengenai struktur dan fungsi sel eukariotik pada jamur dan protista dengan menempatkannya dalam kerangka mikrobiologi sekaligus pendidikan biologi. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman konseptual mahasiswa serta memberikan dasar pengembangan pembelajaran yang lebih kontekstual. Dengan demikian, kajian ini berupaya menjembatani kebutuhan konseptual antara riset mikrobiologi dan praktik pembelajaran biologi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif deskriptif melalui metode kajian literatur. Pendekatan ini dipilih karena fokusnya bukan pada pengujian hipotesis atau pemberian intervensi spesifik, melainkan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan

menyintesis temuan ilmiah yang berkaitan dengan karakteristik sel eukariotik pada mikroorganisme, terutama jamur dan protista, sambil menghubungkannya dengan sudut pandang mikrobiologi serta pendidikan biologi. Pendekatan kualitatif deskriptif ini memungkinkan penyampaian gambaran konseptual yang mendalam dan terstruktur berdasarkan sumber pustaka yang kredibel dan terpercaya (Yuliani, 2018)

Sumber data utama dalam penelitian ini adalah artikel-artikel ilmiah yang diterbitkan di jurnal nasional dan internasional yang terkemuka serta telah melewati proses peer review. Pencarian literatur dilakukan menggunakan basis data seperti Google Scholar, dengan kata kunci yang disesuaikan pada topik utama, misalnya sel eukariotik, jamur, protista, mikroorganisme eukariotik, struktur dan fungsi sel, mikrobiologi, serta pendidikan biologi. Kata kunci ini dimaksudkan untuk mendapatkan artikel yang tidak hanya membahas aspek struktural sel, tetapi juga mengaitkannya dengan fungsi fisiologis dan penerapannya dalam pembelajaran biologi.

Artikel yang ditemukan pada tahap awal pencarian kemudian diseleksi menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi mencakup: (1) artikel yang mengulas struktur dan fungsi sel eukariotik pada jamur dan/atau protista; (2) artikel yang membahas peran mikroorganisme eukariotik dalam konteks mikrobiologi atau ekologi mikroba; (3) artikel yang terkait dengan penguatan konsep dalam pembelajaran biologi. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan fokus penelitian, artikel yang hanya membahas mikroorganisme prokariotik, serta sumber non-ilmiah yang belum melalui penilaian sejawat.

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah peneliti sendiri sebagai instrumen manusia (human instrument). Peneliti berperan aktif dalam menentukan arah kajian, memilih serta menilai kesesuaian sumber data, dan melakukan analisis serta sintesis informasi secara kritis. Peran ini memberikan fleksibilitas untuk menafsirkan data pustaka dan menyesuaikan proses analisis dengan tujuan penelitian yang konseptual dan integratif (Sugiyono, 2019). Pengumpulan data dilakukan melalui pembacaan intensif terhadap literatur yang dipilih, pencatatan terstruktur pada konsep-konsep penting, serta pengelompokan temuan berdasarkan tema-tema utama yang muncul.

Analisis data menggunakan model interaktif Miles dan Huberman, yang terdiri dari tiga tahapan pokok: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Miles et al., 2014). Reduksi data dilakukan dengan menyaring dan memfokuskan informasi yang relevan dengan tujuan penelitian, khususnya yang berkaitan dengan karakteristik sel eukariotik, fungsi organel sel, serta adaptasi fisiologis jamur dan protista. Data yang sudah direduksi kemudian disajikan dalam bentuk uraian deskriptif dan pengelompokan tematik untuk memudahkan interpretasi.

Tahap akhir, yaitu penarikan kesimpulan, dilakukan melalui sintesis kritis terhadap seluruh temuan literatur, sehingga menghasilkan pemahaman menyeluruh tentang keterkaitan antara struktur sel eukariotik, fungsi biologis mikroorganisme, dan implikasinya dalam pembelajaran biologi (Rijali, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eukariotik

Sel eukariotik merupakan tipe sel yang ditandai oleh keberadaan inti sel yang jelas, di mana inti tersebut diselubungi oleh membran khusus sehingga materi genetik berada terpisah dari sitoplasma (Akmalia, et.al., 2020). Kata eukariotik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *eu* yang bermakna sejati dan *karyon* yang berarti inti (Campbell, et.al., 2010). Selain memiliki inti sel, sel eukariotik dilengkapi dengan berbagai organel yang dibatasi oleh membran dan memiliki fungsi yang berbeda-beda. Keberadaan organel-organel tersebut menyebabkan sel eukariotik memiliki susunan internal yang lebih terorganisir dan kompleks. Sel jenis ini membentuk organisme dengan tingkat organisasi tinggi, seperti hewan, tumbuhan, jamur, dan protista, sehingga memegang peranan penting dalam menunjang keberlangsungan kehidupan (Pratama & Nuraini, 2023).

Secara umum, sel eukariotik memiliki ukuran yang lebih besar daripada sel prokariotik serta menunjukkan tingkat kompleksitas struktur yang lebih tinggi. Ciri khas utama sel ini adalah keberadaan inti sel yang terdefinisi dengan jelas dan adanya pembagian ruang di dalam sel melalui organel-organel yang dibatasi oleh membrane (Campbell, 2021). Sel eukariotik dilengkapi dengan membran plasma yang bersifat selektif dalam mengatur keluar masuknya zat, sitoplasma sebagai lokasi utama terjadinya proses metabolisme, serta sitoskeleton yang berperan mempertahankan bentuk sel dan membantu pergerakan sel. Pada sel tumbuhan ditemukan karakteristik tambahan berupa dinding sel yang tersusun dari selulosa, kloroplas sebagai organel fotosintesis, serta vakuola berukuran besar, sedangkan sel hewan tidak memiliki dinding sel tetapi mengandung sentriol yang berfungsi dalam proses pembelahan sel (Rahmadina, et.al., 2024).

Sel eukariotik memiliki susunan utama yang terdiri atas membran plasma, sitoplasma, dan inti sel yang di dalamnya terdapat beragam organel. Membran plasma berperan sebagai batas pelindung sel sekaligus mengatur lalu lintas zat ke dalam dan ke luar sel (Rahman & Kusuma, 2022). Sitoplasma merupakan cairan sel tempat organel tersuspensi dan menjadi lokasi berlangsungnya sebagian besar reaksi metabolik.

Organel pada sel eukariotik mencakup nukleus yang berfungsi mengendalikan aktivitas sel, ribosom sebagai tempat pembentukan protein, serta retikulum endoplasma kasar dan halus yang berperan dalam sintesis protein dan lipid (Irdalisa, 2021). Badan Golgi berfungsi memproses, mengemas, dan menyalurkan hasil sintesis tersebut ke bagian sel lain. Selain itu, lisosom berperan dalam proses pencernaan di dalam sel, peroksisom berfungsi menetralkan zat berbahaya, mitokondria menghasilkan energi dalam bentuk ATP, sedangkan mikrotubulus dan mikrofilamen berperan dalam pembelahan serta pergerakan sel (Sarumaha, 2021).

Perkembangbiakan sel eukariotik terjadi melalui mekanisme pembelahan sel yang berlangsung secara sistematis dan terkontrol. Pembelahan sel ini dibedakan menjadi dua bentuk, yaitu mitosis dan meiosis (Harahap, et.al., 2021). Mitosis berperan dalam menunjang pertumbuhan organisme, proses perkembangan, serta perbaikan jaringan dengan menghasilkan sel-sel baru yang memiliki kesamaan genetik dengan sel asalnya. Sementara itu, meiosis berfungsi membentuk sel kelamin yang mengandung jumlah kromosom setengah dari sel induk, sehingga keseimbangan jumlah kromosom tetap terjaga pada setiap generasi. Rangkaian pembelahan sel diawali oleh tahap interfase yang mencakup fase G1, S, dan G2, kemudian dilanjutkan dengan fase mitosis dan diakhiri dengan sitokinesis (Handayani, et.al., 2022).

Perbedaan utama antara sel eukariotik dan sel prokariotik terletak pada ada atau tidaknya inti sel sejati serta organel yang dibatasi oleh membran. Sel prokariotik memiliki struktur yang lebih sederhana karena tidak mempunyai inti sel yang jelas, sedangkan sel eukariotik ditandai oleh keberadaan inti sel serta sistem organel yang tersusun secara kompleks (Febriani & Rahmadina, 2017). Dari segi ukuran dan tingkat organisasi, sel eukariotik cenderung lebih besar dan umumnya membentuk organisme multiseluler, sementara sel prokariotik kebanyakan bersifat uniseluler. Perbedaan lainnya terlihat pada cara pembelahan sel, di mana sel prokariotik memperbanyak diri melalui pembelahan biner, sedangkan sel eukariotik mengalami pembelahan melalui proses mitosis dan meiosis.

Sel eukariotik berperan sebagai satuan dasar kehidupan yang mampu melaksanakan berbagai proses biologis secara terintegrasi. Inti sel berfungsi sebagai pusat pengendali aktivitas sel sekaligus tempat penyimpanan materi genetik, mitokondria menghasilkan energi yang dibutuhkan sel, sementara retikulum endoplasma dan badan Golgi berperan dalam pembentukan, pengolahan, serta penyaluran protein dan lipid (Effendi, 2020). Organel lain, seperti lisosom, peroksisom, dan vakuola, turut berperan dalam menjaga kestabilan kondisi internal sel. Sinergi antar-organel tersebut memungkinkan sel eukariotik mempertahankan keseimbangan internal, menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan, serta mendukung kelangsungan hidup organisme secara menyeluruh.

Mikroorganisme (Protozoa dan Jamur)

Protozoa berupa organisme eukariotik uniseluler yang seluruh fungsi kehidupannya berlangsung dalam satu sel. Walaupun bersel tunggal, protozoa memiliki organel yang menjalankan berbagai proses fisiologis, seperti metabolisme, pergerakan, pencernaan, respirasi, sekresi, reproduksi, serta mekanisme pertahanan. Inti sel protozoa dilapisi membran inti sehingga materi genetik terpisah dari sitoplasma, berbeda dengan organisme prokariotik seperti bakteri (Apsari, 2017). Protozoa termasuk dalam Kingdom Protista, berukuran mikroskopis, dan mampu hidup di berbagai habitat, baik perairan, tanah, maupun sebagai parasit pada organisme lain. Keragaman protozoa terlihat dari perbedaan bentuk sel, ukuran, cara bergerak, dan strategi memperoleh nutrisi. (Lestari, 2024).

Secara morfologis, protozoa dikelompokkan berdasarkan alat geraknya. Rhizopoda bergerak menggunakan pseudopodia yang berfungsi untuk lokomosi sekaligus menangkap makanan melalui fagositosis, serta dapat hidup di lingkungan perairan, tempat lembap, maupun sebagai parasit; Amoeba merupakan contoh yang umum diamati. Flagellata (Mastigophora) menggunakan flagel sebagai alat gerak dan alat bantu memperoleh makanan, serta terbagi menjadi fitoflagellata yang mampu berfotosintesis dan flagellata heterotrof yang sebagian bersifat patogen, seperti *Trypanosoma sp.* dan *Leishmania sp.* Ciliata (Ciliophora) memiliki silia dalam jumlah banyak untuk bergerak dan mengarahkan makanan, serta memiliki makronukleus dan mikronukleus yang masing-masing berperan dalam fungsi fisiologis dan reproduksi seksual, disertai vakuola kontraktil untuk osmoregulasi. Sementara itu, Sporozoa tidak memiliki alat gerak khusus pada fase dewasa dan berkembang biak melalui sporozoit yang mampu menginfeksi sel inang, sehingga sebagian besar anggotanya bersifat parasit obligat, seperti *Plasmodium sp.* penyebab malaria (Widhanar, 2020).

Jamur memiliki dinding sel yang kaku dengan komponen utama berupa kitin dan membran sel yang mengandung ergosterol. Kitin merupakan polisakarida tersusun atas N-asetilglukosamin yang berbeda dari peptidoglikan pada bakteri, sehingga jamur tidak sensitif terhadap antibiotik yang menargetkan sintesis dinding sel bakteri. Selain kitin, dinding sel jamur juga mengandung mannan dan beta-glukan, di mana beta-glukan menjadi target kerja beberapa obat antijamur, seperti golongan echinocandin. Sementara itu, keberadaan ergosterol pada membran sel jamur, yang berbeda dari kolesterol pada sel manusia, menjadi dasar selektivitas obat antijamur seperti amfoterisin B dan azol (Alang, 2024).

Secara taksonomi klasik, jamur dikelompokkan ke dalam beberapa kelas utama, yaitu Zygomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Fungi Imperfecti). Namun, dalam kajian mikrobiologi, pengelompokan jamur lebih sering didasarkan pada

karakter morfologinya. Berdasarkan morfologi, jamur dibedakan menjadi ragi yang bersifat uniseluler dan berkembang biak dengan pertunasan, jamur mirip ragi yang membentuk hifa semu, kapang yang tumbuh sebagai hifa membentuk miselium, serta jamur dimorfik yang dapat berubah bentuk antara fase ragi dan hifa bergantung pada suhu lingkungan. Jamur dimorfik umumnya hidup sebagai kapang di lingkungan dan berubah menjadi bentuk ragi dalam jaringan inang, sehingga memiliki peran penting dalam infeksi pada manusia (Anissie, 2009).

Kaitannya dalam Prespektif Mikrobiologi

Dalam perspektif mikrobiologi, protozoa dan jamur dipandang sebagai mikroorganisme eukariotik yang memiliki struktur sel kompleks serta mekanisme fisiologis yang menyerupai organisme multiseluler, meskipun sebagian besar bersifat mikroskopis. (Soleha, 2020). Keberadaan membran inti, organel bermembran, serta sistem metabolisme yang lengkap menunjukkan bahwa kedua kelompok ini memiliki tingkat organisasi seluler yang lebih tinggi dibandingkan mikroorganisme prokariotik seperti bakteri. Kompleksitas struktur sel tersebut berimplikasi pada keragaman fungsi biologis, kemampuan adaptasi, serta interaksi dengan lingkungan maupun organisme inang. (Nurlia, 2024).

Protozoa dalam kajian mikrobiologi memiliki peran penting sebagai komponen utama mikrofauna perairan dan tanah yang berkontribusi terhadap aliran energi dan daur materi melalui aktivitas pemangsaan terhadap bakteri dan mikroorganisme lain. Selain perannya dalam ekosistem, protozoa juga menjadi objek penting dalam mikrobiologi medis karena sebagian spesies bersifat patogen dan memiliki siklus hidup kompleks yang melibatkan vektor atau inang perantara, seperti pada *Plasmodium sp.* dan *Trypanosoma sp.* Variasi alat gerak pada protozoa, seperti pseudopodia, flagel, dan silia, mencerminkan adaptasi terhadap strategi memperoleh nutrisi, pergerakan, serta kolonisasi habitat tertentu, yang menjadi fokus kajian dalam ekologi mikroba dan parasitologi.

Jamur dalam perspektif mikrobiologi, dikaji tidak hanya sebagai organisme dekomposer yang berperan dalam penguraian bahan organik, tetapi juga sebagai agen penyebab infeksi oportunistik dan sistemik pada manusia. Struktur dinding sel jamur yang tersusun atas kitin dan beta-glukan serta keberadaan ergosterol pada membran sel menjadi karakteristik utama yang membedakannya dari sel hewan dan bakteri. Perbedaan struktur ini menjadi dasar pengembangan terapi antijamur yang bersifat selektif, sehingga aspek struktur sel jamur memiliki relevansi langsung dalam mikrobiologi klinis dan farmasi mikroba.

Keanekaragaman morfologi jamur, mulai dari bentuk ragi, jamur mirip ragi, kapang, hingga jamur dimorfik, menunjukkan fleksibilitas adaptasi terhadap kondisi lingkungan dan inang. Jamur dimorfik, khususnya, menjadi perhatian penting dalam mikrobiologi medis

karena kemampuannya berubah bentuk sesuai suhu lingkungan memungkinkan peningkatan virulensi saat menginfeksi jaringan manusia. Hal ini menegaskan bahwa perubahan morfologi merupakan strategi penting dalam patogenesis mikroorganisme eukariotik.

Kaitannya Dalam Perspektif Pendidikan Biologi

Kajian mengenai sel eukariotik pada mikroorganisme, khususnya jamur dan protista, memiliki peranan yang sangat penting dalam pendidikan biologi karena menjadi dasar dalam memahami konsep kehidupan pada tingkat seluler. Dalam proses pembelajaran biologi, mikroorganisme eukariotik dapat digunakan sebagai contoh nyata untuk menjelaskan karakteristik sel eukariotik secara komprehensif (Ramadani, 2018). Keberadaan inti sejati dan organel bermembran pada jamur dan protista memungkinkan peserta didik memahami bahwa kompleksitas struktur sel tidak hanya dimiliki oleh organisme multiseluler tingkat tinggi, tetapi juga oleh organisme mikroskopis. Hal ini membantu memperluas cara pandang peserta didik terhadap keanekaragaman bentuk kehidupan dan tingkat organisasi biologis (Mustikaningtyas, 2016).

Dari perspektif pedagogis, pembelajaran tentang sel eukariotik pada jamur dan protista berkontribusi dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam mengenai hubungan antara struktur dan fungsi sel (Idha, 2009). Peserta didik tidak hanya mempelajari nama dan fungsi organel secara teoritis, tetapi juga memahami peran organel tersebut dalam menunjang aktivitas kehidupan mikroorganisme. Melalui kajian ini, konsep-konsep biologi sel yang bersifat abstrak, seperti metabolisme seluler, sintesis protein, dan regulasi aktivitas sel, dapat disajikan secara lebih konkret dan kontekstual, sehingga memudahkan proses internalisasi konsep oleh peserta didik (Setyaningsih & Sari, 2020)

Dalam pendidikan biologi, jamur dan protista juga berperan sebagai media pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan keterampilan proses sains. Kegiatan pembelajaran yang melibatkan pengamatan mikroskopis, identifikasi struktur sel, serta analisis perilaku sel hidup mendorong peserta didik untuk aktif dalam proses pembelajaran. Melalui aktivitas tersebut, peserta didik dilatih untuk melakukan observasi secara sistematis, mengumpulkan dan menginterpretasikan data, serta menarik kesimpulan berdasarkan fakta empiris (Mahardika, 2014). Dengan demikian, pembelajaran biologi tidak hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir ilmiah dan sikap ilmiah peserta didik.

Selain itu, kajian sel eukariotik pada mikroorganisme mendukung penerapan pendekatan pembelajaran kontekstual dalam pendidikan biologi. Jamur dan protista memiliki keterkaitan langsung dengan berbagai aspek kehidupan manusia, seperti peran jamur dalam

industri pangan dan kesehatan, serta peran protista dalam ekosistem perairan dan kesehatan lingkungan (Mahardika, 2014). Pemanfaatan contoh-contoh tersebut dalam pembelajaran membantu peserta didik memahami bahwa ilmu biologi memiliki relevansi yang tinggi dengan kehidupan sehari-hari. Hal ini tidak hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga menumbuhkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya ilmu biologi dalam memecahkan permasalahan lingkungan dan kesehatan.

Dari sudut pandang kurikulum, materi sel eukariotik pada jamur dan protista berfungsi sebagai fondasi penting bagi pembelajaran biologi pada jenjang yang lebih tinggi. Pemahaman yang baik mengenai struktur dan fungsi sel eukariotik mendukung penguasaan materi lanjutan, seperti genetika, bioteknologi, mikrobiologi, dan evolusi (Idha, 2009). Dalam konteks ini, pembelajaran tentang pembelahan sel, diferensiasi fungsi organel, serta adaptasi seluler pada mikroorganisme eukariotik membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan analisis, sintesis, dan evaluasi konsep biologi.

Lebih lanjut, pembelajaran sel eukariotik pada jamur dan protista juga berkontribusi dalam pembentukan literasi sains peserta didik. Melalui kajian ini, peserta didik dilatih untuk memahami konsep ilmiah, menggunakan istilah biologi secara tepat, serta mengaitkan pengetahuan ilmiah dengan fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar. Literasi sains yang baik sangat penting dalam membentuk generasi yang mampu berpikir kritis, mengambil keputusan berbasis bukti ilmiah, serta memiliki sikap bertanggung jawab terhadap lingkungan dan Kesehatan (Ramadani, 2018).

Secara keseluruhan, kajian sel eukariotik pada mikroorganisme dalam perspektif pendidikan biologi memiliki nilai strategis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi. Materi ini memungkinkan integrasi antara aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap ilmiah melalui pendekatan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berbasis praktikum. Dengan demikian, pembelajaran tentang sel eukariotik pada jamur dan protista tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai wahana untuk mengembangkan kompetensi ilmiah peserta didik secara holistik dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme eukariotik, khususnya jamur dan protista, memiliki struktur sel yang kompleks dengan keberadaan inti sejati dan organel bermembran yang memungkinkan berlangsungnya berbagai fungsi fisiologis secara terintegrasi. Kompleksitas struktur sel eukariotik tersebut menjadi dasar bagi kemampuan adaptasi, keragaman metabolisme, serta

peran ekologis jamur dan protista dalam menjaga keseimbangan ekosistem, baik sebagai dekomposer, pengendali populasi mikroba, maupun sebagai organisme patogen dan simbion dalam berbagai lingkungan. Perbedaan karakteristik struktural antara sel eukariotik dan prokariotik juga menegaskan pentingnya jamur dan protista sebagai objek kajian utama dalam mikrobiologi, terutama dalam memahami hubungan antara struktur sel, fungsi biologis, dan mekanisme adaptasi mikroorganisme.

Selain relevansi dalam bidang mikrobiologi, pemahaman mengenai struktur dan fungsi sel eukariotik pada jamur dan protista memiliki implikasi penting dalam pendidikan biologi. Kajian ini menunjukkan bahwa mikroorganisme eukariotik dapat dimanfaatkan sebagai konteks pembelajaran yang efektif untuk menjembatani konsep abstrak biologi sel dengan fenomena nyata, sehingga membantu mengurangi miskonsepsi peserta didik terkait hubungan struktur dan fungsi sel. Integrasi kajian mikrobiologi seluler ke dalam pembelajaran biologi berpotensi meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, serta literasi sains peserta didik secara berkelanjutan. Dengan demikian, sintesis literatur ini menegaskan bahwa penguatan materi sel eukariotik pada jamur dan protista tidak hanya berkontribusi terhadap pengembangan ilmu mikrobiologi, tetapi juga menjadi landasan strategis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi yang kontekstual dan bermakna.

REFRENSI

- Akmalia, H. A., Pranatami, D. A., Tauhidah, D., Rofi'ah, N. L., & Khasanah, R. A. N. (2020). *Biologi sel*. Alinea Media Dipantara.
- Alang, H., Adriani, A., Pratiwi, E. R., et al. (2024). *Ilmu mikrobiologi*. CV Pustaka Inspirasi Minang.
- Anissie, J. E., McGinnis, M. R., & Pfaller, M. A. (2009). *Clinical mycology*. Elsevier Churchill Livingstone.
- Apsari, I. A. P. (2017). Identifikasi infeksi parasit. *Fakultas Kedokteran Universitas Udayana*, 1(607), 1–6.
- Bahram, M., & Netherway, T. (2022). Fungi as mediators linking organisms and ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*, 46(2), fuab058. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab058>
- Berlinches de Gea, A., Walochnik, J., Boenigk, J., Dumack, K., Henriquez, F., Rückert, S., Simon, M., & Geisen, S. (2025). Protists as determinants of the One Health framework. *The ISME Journal*, 19(1), wraf179. <https://doi.org/10.1093/ismejo/wraf179>
- Bowman, S. M., & Free, S. J. (2020). The structure and synthesis of the fungal cell wall. *BioEssays*, 42(3), e1900040.
- Burki, F., Roger, A. J., Brown, M. W., & Simpson, A. G. B. (2021). The new tree of eukaryotes. *Current Biology*, 31(19), R1267–R1280.

- Cairns, T. C., Nai, C., & Meyer, V. (2018). How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research. *Fungal Biology and Biotechnology*, 5, 13. <https://doi.org/10.1186/s40694-018-0054-5>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2021). *Biologi* (Edisi 11, Jilid 3; D. T. Wulandari, Penerj.). Erlangga.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2010). *Biologi* (Edisi 8, Jilid 1; D. T. Wulandari, Penerj.). Erlangga.
- Chotimah Ratna Sari, N. C., & Roviati, E. (2021). Pengembangan media pembelajaran protista dan fungi melalui bot aplikasi Telegram. *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 7(4), 61–69. <https://doi.org/10.33503/ebio.v4i02.437>
- Cooper, G. M. (2000). The origin and evolution of cells. In *The cell: A molecular approach* (2nd ed.). Sinauer Associates.
- De, J. (2023). Prokaryotic and eukaryotic cell structure: Key differences. *Journal of Cell Biology and Metabolism*, 5(5), 171.
- Degrune, F., Dumack, K., Ryo, M., Garland, G., Romdhane, S., Saghai, A., et al. (2024). The impact of fungi on soil protist communities in European cereal croplands. *Environmental Microbiology*, 26(7), e16673. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.16673>
- Driessen, E. P., Knight, J. K., Smith, M. K., & Ballen, C. J. (2020). Demystifying the meaning of active learning in postsecondary biology education. *CBE—Life Sciences Education*, 19(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.20-04-0068>
- Effendi, Y., & Rumah, P. P. (2020). *Buku ajar genetika dasar*. Pustaka Rumah C1nta.
- Febriani, H., & Rahmadina, R. (2017). *Buku biologi sel unit terkecil penyusun tubuh makhluk hidup*. Erlangga Press.
- Geisen, S., Mitchell, E. A. D., Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., Fernández, L. D., Jousset, A., Krashevskaya, V., Singer, D., Spiegel, F. W., Walochnik, J., & Lara, E. (2018). Soil protists: A fertile frontier in soil biology research. *FEMS Microbiology Reviews*, 42(3), 293–323. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy006>
- Gerrick, E. R., et al. (2025). The lost kingdom: Commensal protists in the gut microbiota. *Trends in Microbiology*, 33(6), 603–618.
- Halim, A. S., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Olsen, L. J., Gere, A. R., & Shultz, G. V. (2018). Identifying and remediating student misconceptions in introductory biology via writing-to-learn assignments and peer review. *CBE—Life Sciences Education*, 17(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.17-10-0212>
- Handayani, D., Puspitasari, R., & Nugroho, W. (2022). Perbandingan struktur dan fungsi antara sel prokariotik dan eukariotik dalam pembelajaran biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 145–153.
- Hao, Y., Sun, A., Lu, C., Su, J.-Q., & Chen, Q.-L. (2024). Protists and fungi: Reinforcing urban soil ecological functions against flash droughts. *Science of the Total Environment*, 950, 175274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175274>
- Harahap, D. G. S., et al. (2021). *Dasar-dasar mikrobiologi dan penerapannya*. CV Medina Utama.
- Idha, C. (2009). Meningkatkan pemahaman konsep mata pelajaran biologi melalui performance assessment. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 3(2), 69–73.

- Irdalisa. (2021). *Modul biologi sel dan molekuler*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Kumar, R. (2021). Evaluation of prokaryotic and eukaryotic cell. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(3), 202–205. <https://doi.org/10.52711/2231-5691.2021.00036>
- Lestari, A. P., Ismi, K. A., Nabila, F., Agresia, M., & Acivrida, M. C. (2024). Identifikasi penyakit protozoa terhadap manusia. *Nian Tana Sikka: Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(5), 48–58.
- Mahardika, R. (2014). *Identifikasi miskonsepsi siswa menggunakan certainty of response index (CRI) dan wawancara diagnosis pada konsep sel* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta].
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Sage Publications.
- Mustikaningtyas, D., Widiyanti, T., et al. (2016). Penerapan strategi story telling dalam pembelajaran biologi molekuler berbasis kompetensi dan konservasi. *Unnes Journal of Biology Education*, 5(1), 93–99.
- Nurlia, R. U., & Malik, N. (2024). *Pengantar mikrobiologi*. Eureka Media Aksara.
- Pratama, H., & Nuraini, R. (2023). Analisis fungsi organel pada sel eukariotik dalam konteks bioteknologi seluler. *Jurnal Biologi Molekuler Indonesia*, 8(1), 21–30.
- Rahmadina, Aulia, Y., et al. (2024). Perbedaan teori organisme sel prokariotik, eukariotik dan virus. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 2(5), 75–84.
- Rahman, F., & Kusuma, R. (2022). Struktur dan fungsi sel eukariotik sebagai dasar kehidupan organisme multiseluler. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 9(2), 77–85.
- Ramadani, S. D. (2018). Pengembangan modul genetika berbasis praktikum proyek memanfaatkan *Drosophila melanogaster* pada topik regulasi ekspresi gen eukariot. *Jurnal Pemikiran, Penelitian Pendidikan dan Sains*, 6(2), 141–154.
- Ridhwan, M., Umaruddin, Murtafi'ah, N., et al. (2023). *Mikrobiologi dan parasitologi*. PT Global Eksekutif Teknologi.
- Rijali, A. (2018). Analisis data kualitatif. *Alhadharah: Jurnal Ilmu Dakwah*, 17(33), 81–95. <https://doi.org/10.18592/alhadharah.v17i33.2374>
- Roger, A. J., Muñoz-Gómez, S. A., & Kamikawa, R. (2017). The origin and diversification of mitochondria. *Nature Reviews Microbiology*, 15(9), 589–597. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.09.015>
- Sarumaha, M. (2021). *Biologi sel: Modul singkat sel dalam perkembangannya*. Penerbit Lutfi Gilang.
- Setyaningsih, E., & Sari, A. P. (2020). Deskripsi miskonsepsi pada struktur dan fungsi sel prokariotik dan eukariotik materi Archaeobacteria dan Bakteri di SMA Negeri 1 Wonosari TA 2018/2019. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS)*, 3(2), 717–724.
- Soleha, S., Surakusumah, W., Harun, A. I., et al. (2020). *Mikrobiologi*. CV Media Sains Indonesia.

- Stranford, S. A., Owen, J. A., Mercer, F., & Pollock, R. R. (2020). Active learning and technology approaches for teaching immunology to undergraduate students. *Frontiers in Public Health*, 8, Article 114. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00114>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suwono, H., Prasetyo, T. I., Lestari, U., Lukiaty, B., Fachrunnisa, R., Kusairi, S., & Atho'illah, M. F. (2021). Cell Biology Diagnostic Test (CBD-Test) portrays pre-service teacher misconceptions about biology cell. *Journal of Biological Education*, 55(1), 82–105. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1643765>
- Tripepi, M., & Schapiro, H. M. (2024). Using origami and Shrinky Dinks to create active learning activities to tackle two microbiology concepts: Cell structure differences and operon regulation. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 25, e00036-24. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00036-24>
- Vellai, T., & Vida, G. (1999). The origin of eukaryotes: The difference between prokaryotic and eukaryotic cells. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266(1428), 1571–1577. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0817>
- Xu, B. (2023). Fungal biotechnology and applications. *Journal of Fungi*, 9(9), 871. <https://doi.org/10.3390/jof9090871>
- Yang, B., Wu, L., Yang, Z., Zhang, Z., Feng, W., Zheng, W., & Xu, C. (2025). The patterns and environmental factors of diversity, co-occurrence networks, and assembly processes of protistan communities in bulk soils of forests. *Microorganisms*, 13(6), 1249. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13061249>
- Yuliani, W. (2018). Metode penelitian deskriptif kualitatif dalam perspektif bimbingan dan konseling. *Quanta: Jurnal Kajian Bimbingan dan Konseling dalam Pendidikan*, 2(2), 83–91. <https://doi.org/10.22460/q.v2i2p83-91.1641>
- Zhang, C., Geisen, S., Berendsen, R. L., et al. (2024). Specialized protist communities on mycorrhizal fungal hyphae. *Mycorrhiza*, 34, 517–524. <https://doi.org/10.1007/s00572-024-01167-3>