

## Rekonstruksi Organ Cahaya Cumi Dengan Metode Histologi Mikroskop Elektron Transmisi

### (Reconstruction of Light Organ in Squid With The Histological Method of Electron Transmission Microscope)

<sup>1</sup>Delianis Pringgenies\*, <sup>2</sup>Dafit Ariyanto

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas, Semarang, 50275, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Asahan, Kisaran, Sumatera Utara, 21224, Indonesia.

\* Corresponding authors : [delianispringgenies@lecturer.undip.ac.id](mailto:delianispringgenies@lecturer.undip.ac.id), Telp: +6281390800800

Diterima : 15 Februari 2021 Revisi : 25 Februari 2021 Disetujui : 4 Maret 2021

---

#### ABSTRACT

*The light organ is an electronic device that can emit light. However, there are light organs in animals that can produce light naturally. Loligo duvaucellii is a species whose bioluminescence comes from fluorescent bacteria that live in symbiosis in its ink sacs. This study aims to determine in detail the construction of the squid light organ using the transmission electron microscopy (TEM) method. The results showed that this type of squid has a pair of light organs attached to the dorso-lateral ink sac. The light organ is spherical, some are found on the surface and some are embedded on the wall of the ink sac. It consists of a lens that is located on the outer surface of the ink sac, and a sac of light organs (embedded on the wall of the ink sac) with channels connecting the pocket to the mantle cavity. The wall of the sac of the light organ consists of three layers, namely the innermost layer which is multi-fold with microvilli on the cell surface and between the folds of the sac populated with bacteria, the dense layer that acts as a reflector, and the pigment layer. Cilia are observed on the surface of the duct connecting the sac with the mantle cavity. This study concluded that the construction of the squid light organ has a convex-shaped lens structure and is muscular. In the pockets of light organs, a dense population of bacteria is found. The reflector consists of many layers, and the pigment layer contains many granules.*

**Key words:** construction, histology, light organs, squid, transmission electron microscopy

#### ABSTRAK

Organ cahaya adalah sebuah perangkat alat elektronik yang dapat memancarkan cahaya. Diinformasikan bahwa sumber cahaya cumi (*Loligo duvaucellii*) berasal dari bakteri berpendar yang hidup bersimbiosis dalam kantong tintanya. Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui secara detil konstruksi dari organ cahaya cumi dengan metode histologi mikroskop electron transmisi (TEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis cumi-cumi memiliki sepasang organ cahaya menempel pada dorso-lateral kantong tinta. Organ cahaya cumi berbentuk bulat, sebagian terdapat pada permukaan dan sebagian terbenam pada dinding kantong tinta. Organ cahaya terdiri atas lensa yang terletak pada permukaan luar kantong tinta, dan kantong organ cahaya (terbenam pada dinding kantong tinta) yang mempunyai saluran penghubung kantong dengan rongga mantel. Dinding kantong organ cahaya terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan terdalam yang berlipat-lipat dengan mikrovili di permukaan selnya dan diantara lipatan kantong mengandung banyak bakteri, lapisan padat yang berperan sebagai reflektor dan lapisan pigmen. Pada permukaan saluran yang menghubungkan kantong dengan rongga mantel terdapat silia. Hasil penelitian disimpulkan bahwa konstruksi organ cahaya cumi memiliki struktur lensa berbentuk konveks dan terdapat otot. Dalam kantong organ cahaya berisi banyak kandungan bakteri. Reflektor terdiri dari banyak lapisan dan pada lapisan pigmen mengandung banyak butir2an granula,

**Kata kunci :** cumi-cumi, histologi, organ cahaya, kosntruksi, mikroskop electron transmisi

## PENDAHULUAN

Cumi-cumi merupakan kelas Cephalopoda dari filum Mollusca yang berbeda dengan kelas hewan Mollusca lainnya. Hewan Mollusca pada umumnya memiliki cangkang keras yang terdiri dari zat kapur, sedang Cephalopoda tidak memiliki cangkang luar atau cangkangnya tereduksi. Cephalopoda memiliki bentuk tubuh simetris bilateral, kepala tampak jelas dengan mata berfungsi dengan baik. Keunikan ciri-ciri dari cumi-cumi (*Loligo*) yakni adanya kantong tinta yang terletak di rektum dekat anus. Kantong tinta memiliki kelenjar tinta yang menghasilkan cairan yang berwarna hitam tinta. Family Loligonidae pada cumi-cumi genus *Sepiotheutis* sp tidak memiliki organ cahaya. Namun pada genus *Loligo* mempunyai organ cahaya yang menempel pada kantong tinta. Organ cahaya ini yang menyebabkan cumi-cumi memancarkan cahaya.

Sekitar 47 % dari 139 genera Cephalopoda memiliki organ cahaya yang menyebabkan peristiwa bioluminesensi. Posisi organ cahaya berbeda untuk tiap spesies cumi-cumi, dapat tersebar pada bola mata, anal, kantong tinta, tangan, organ tubuh lainnya, dan lapisan dalam kulit. Fungsi organ cahaya berbeda untuk setiap spesies tergantung pada posisi organ cahaya. Bahkan, posisi organ cahaya di mata dan di ekor pada satu individu hewan, struktur selnya dapat berbeda sehingga fungsi masing-masing organ cahayanya juga berbeda. Hellinger (2017) menjabarkan bahwa sebuah hipotesis tentang beberapa fungsi dan peranan organ cahaya pada beberapa spesies hewan dengan beberapa variasi.

Organ cahaya yang terdapat pada cumi *Loligo duvauceli* ditemukan menempel sepasang pada kantong tintanya (Pringgenies et al., 2020a). Organ yang cukup efisien untuk memancarkan cahaya umumnya tersusun atas bahan dasar optik. Organ cahaya yang sempurna pada hewan cumi-cumi dan ikan terdiri dari lapisan pigmen, reflektor, sumber cahaya dan lensa, akan tetapi ada struktur organisasi organ cahaya yang tidak memiliki lensa atau tidak memiliki reflektor. Lapisan pigmen yang terdapat pada organ cahaya umumnya berpengaruh terhadap warna yang dimunculkan oleh organisme tersebut (Ding dan Liu, 2017; Burford dan Robison, 2020). Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan penelitian adalah untuk mengetahui struktur organ cahaya secara rinci dengan metode histologi mikroskop elektron transmisi.

## MATERI DAN METODE

### Koleksi sampel

Sampel dikoleksi dari perairan Jepara, yaitu sampel cumi dewasa dari jenis *Loligo duvauceli* hasil tangkapan nelayan dengan ukuran berat antara 134,6 – 202,1 gram sejumlah 5 ekor. Sampel kantong tinta cumi langsung dipisahkan dari anggota tubuh cumi dan sampel dimasukkan dalam boks kecil berisikan es. Selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses analisis histologi.

### Preparasi sediaan Mikroskop Elektron Transmisi

Semua bahan kimia yang digunakan adalah dari merk SIGMA dan yang pro analisa (Laboratorium Fisiologi, Universitas Aarhus, Aarhus-Denmark). Sebelum dilakukan proses histologi, dibuat sediaan larutan fiksatif, yaitu larutan fiksatif 3% paraformaldehida/glutaraldehida dalam 0,1M bufer fosfat (v/v) yang terdiri dari: 0,2M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (45 ml), 0,1M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (405 ml), 5% paraformaldehida (w/v) (120 ml), 25% glutaraldehida (v/v) (120 ml), VP-40 (Provilin pyrolidon) (25 g) dengan pH 7,4. Selanjutnya dilakukan pembuatan 25% larutan paraformaldehida yang terdiri dari akuabides (100 ml), paraformaldehida (25 g), NaOH (1N) (12 tetes), Akuabides dipanaskan sampai 60° C, tambahkan paraformaldehida dan NaOH diaduk dengan pengaduk/*stirer* sampai jernih kemudian disaring.

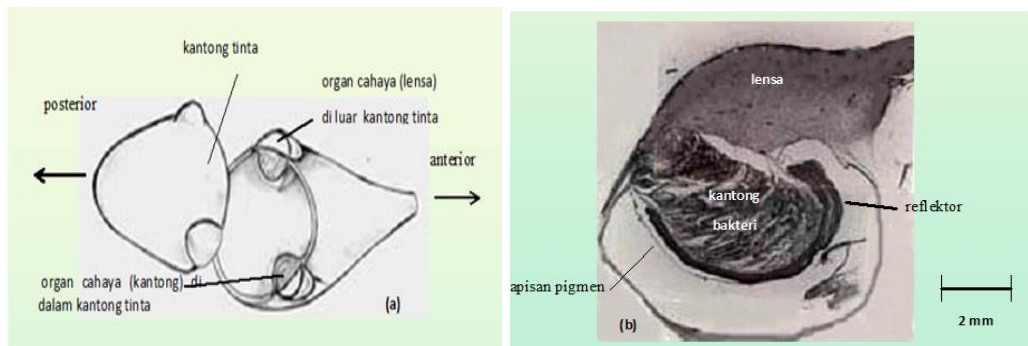
### Preparasi sediaan (TEM) pada organ cahaya cumi-cumi dewasa (Aarhus Universitas. Aarhus-Denmark).

Pertama, dilakukan fiksasi, yaitu jaringan organ cahaya difiksasi dalam larutan fiksatif 3% formaldehida/glutaraldehida dalam 0,1M bufer fosfat (v/v). Jaringan dicuci dalam larutan pencuci (0,1M bufer fosfat dengan 6,8 sukrosa) selama 10 menit, diganti 2 kali. Jaringan dicelupkan dalam larutan 1% OsO<sub>4</sub> dalam 0,1M bufer fosfat selama 30 menit. Selanjutnya perlakuan dehidrasi dengan alkohol masing-masing dengan konsentrasi 70% selama satu malam (diputar), konsentrasi 90% selama 5 menit, 2 kali (diputar) dan konsentrasi 100% t selama 15 menit, 3 kali (diputar). Impregnasi dengan propilen oksida bebas air selama 15 menit, tiga kali pada temperatur kamar (diputar), propilen oksida diberi MgSO<sub>4</sub> padat sampai MgSO<sub>4</sub> tidak larut lagi (tetap bentuk kristal), sehingga oksida bebas air. Langkah selanjutnya adalah pembuatan sampel dalam lilin, yaitu *embedding*

dengan, campuran larutan propilen oksida dan araldit dengan perbandingan 2 : 1 selama 2 jam. Jaringan dimasukkan ke dalam *beam capsul* yang sudah dipersiapkan sebelumnya, jaringan dibiarkan turun dan *beam capsul* sudah terisi araldit. Araldit dipolimerisasikan dalam oven pada suhu 40 °C selama satu malam dan hari berikutnya dalam oven pada suhu 60 °C selama satu malam. Setelah jaringan dalam araldit menjadi keras dan dingin, selanjutnya dikeluarkan dari cetakan. Terakhir, jaringan disayat setebal 2 µm, lalu sayatan ditempel di atas kaca benda yang sudah ditetesi air suling. Selanjutnya sampel dikeringkan di atas pelat pemanas pada 60 °C. Setelah kering, kaca benda tersebut diambil dan kemudian ditetesi pewarna toluidin biru 0,5%, dipanaskan lagi pada pelat pemanas pada suhu 60° C, selama 30 detik, dicuci dengan air suling sampai bersih, kemudian dikeringkan pada suhu kamar. Dengan menggunakan mikroskop cahaya diamati untuk ditentukan lokasi penyayatan TEM pada jaringan. Selanjutnya dilakukan penyayatan setebal 0,01 µm dengan pisau berlian pada LKB 2088 ultratome. Hasil sayatan ditempel pada grid dan diwarnai dengan Copper. Pengamatan dilakukan dengan mikroskop elektron transmisi (TEM) Phillips CM 20 dan tahap terakhir difoto dengan film hitam putih ASA 1.000.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

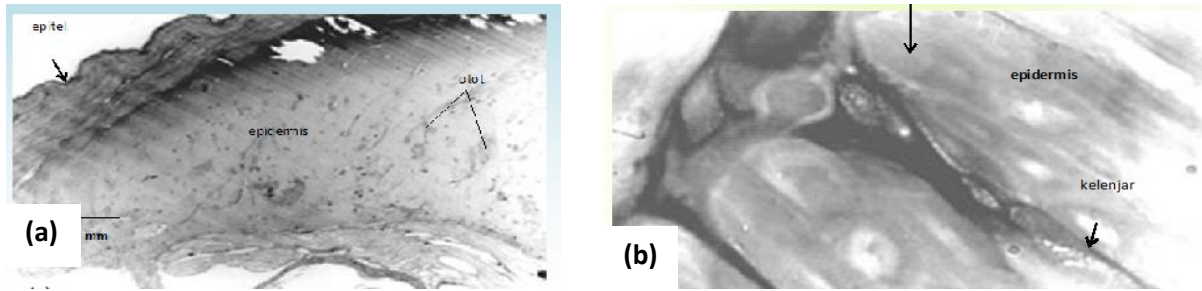
Hasil analisis konstruksi organ cahaya memperlihatkan bahwa organ cahaya berbentuk bulat lonjong yang terdapat di lateral pada bagian dorsal kantong tinta adalah organ cahaya. Posisinya mudah diketahui karena berwarna kontras, yaitu berwarna putih. Sebagian dari bagian organ cahaya terdapat pada permukaan dan sebagian terdapat terbenam pada dinding kantong tinta. Hasil penampang melintang organ cahaya diketahui bahwa organ cahaya terdiri dari: lensa, kantong, reflektor dan lapisan pigmen (Gambar.1).



**Gambar 1.** Rekonstruksi penampang melintang organ cahaya yang terletak di luar dan di dalam kantong tinta (a), mikrografi mikroskop cahaya organ cahaya, terdiri dari lensa, kantong, reflektor dan (b) lapisan pigmen

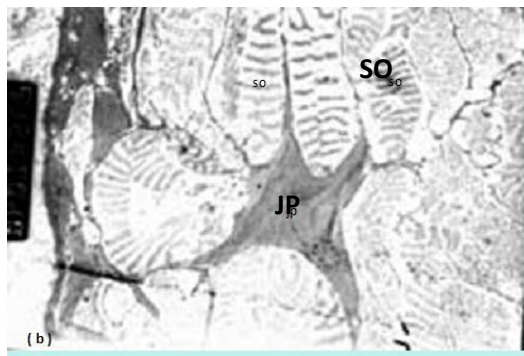
### Lensa Organ Cahaya

Lensa merupakan bagian organ cahaya yang terdapat di luar kantong tinta, sedangkan kantong, reflektor, lapisan pigmen merupakan bagian organ cahaya yang terdapat di dalam kantong tinta. Lensa terlihat sebagai penutup jaringan yang berbentuk mangkok dan menempel di bagian luar kantong tinta dan sedang jaringan reflektor dan jaringan lapisan pigmen serta lapisan pembungkusnya menempel di bagian dalam bersama jaringan berbentuk mangkok di kantong tinta cumi-cumi. Hasil pengamatan di bawah mikroskop cahaya memperlihatkan bahwa lensa sebagai bagian dari organ cahaya memiliki epitel berlapis banyak pipih (*stratified squamous epithelium*), terdiri dari lebih dari satu lapis sel di mana lapis permukaannya saja yang berbentuk pipih (Gambar 2a) dan pada lensa terdapat epitel kelenjar (Gambar 2b).



**Gambar 2.** Mikrografi mikroskop cahaya memperlihatkan (a) lensa organ cahaya memiliki epitel berlapis banyak pipih, (b) epitel kelenjar yang terdapat pada epitel lensa.

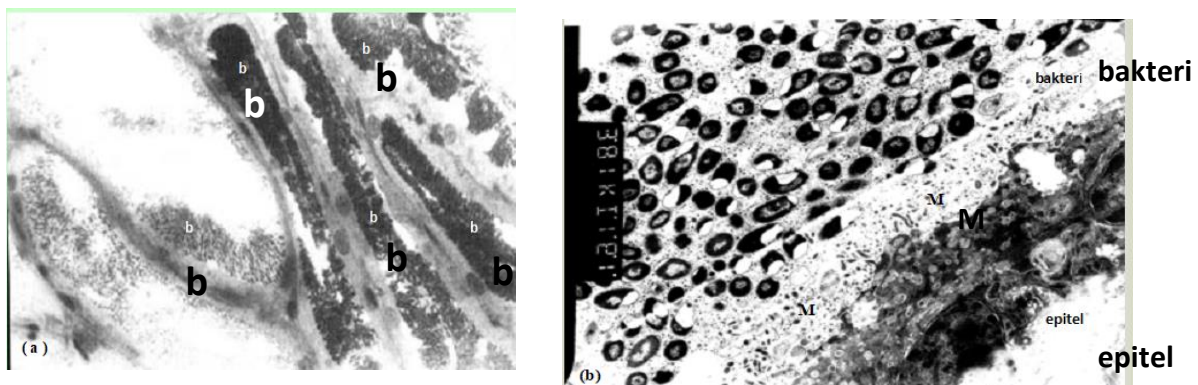
Epitel lensa terdapat padat sel otot dan sel otot ini terdiri dari otot kerangka yang dibungkus oleh jaringan ikat (Gambar 3).



**Gambar 3.** Mikrografi mikroskop cahaya memperlihatkan (b) cahaya sel otot (so) dan jaringan pengikat (jp) pada epidermis lensa (5.500 x).

**Kantong Organ Cahaya**

Mikrografi mikroskop cahaya pada bagian kantong memperlihatkan bahwa dalam lumen yang dibatasi lekukan pada kantong hadir koloni bakteri (Gambar 4a). Koloni bakteri tampak hadir dalam setiap lumen dengan kepadatan tinggi pada satu lokasi akan tetapi kurang pada lokasi lainnya. Koloni bakteri dalam lumen kantong berbentuk batang atau silinder. Bakteri tidak memiliki rambut getar atau flagela dan bakteri tampak hidup dalam cairan. Ukuran terkecil bakteri berkisar antara 0,30 x 0,50  $\mu\text{m}$  dan terbesar berkisar antara 0,92 x 3,2  $\mu\text{m}$ . Permukaan sel bakteri ada yang berwarna putih terang seperti sedang memancarkan cahaya dan ada yang berwarna gelap. Bakteri berkoloni di dekat sel dan bakteri tersebut hidup bersimbiosis dalam lumen organ cahaya atau dengan kata lain ekstra-seluler (Gambar 4b.) Dengan metode mikroskop cahaya pada kantong organ cahaya, memiliki irisan 2.400 dengan ketebalan 2  $\mu\text{m}$  dan ditemukan saluran irisan antara 1.026 sampai 1.368.



**Gambar 4.** Mikrografi mikroskop elektron transmisi memperlihatkan (a) koloni baktri dalam lumen kantong (4.000x) mikrovili padat hadir pada epitel lumen kantong bakteri (M= mikrovili) (7.620x)

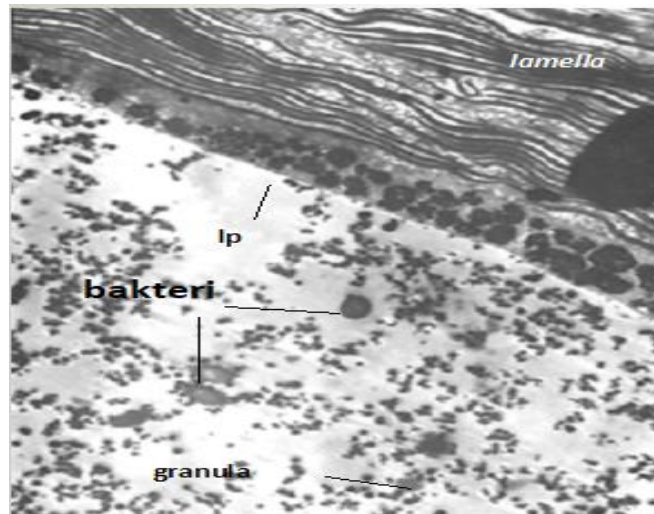
Saluran tersebut ditemukan hanya pada bagian tengah kantong dan saluran bersilia sampai permukaan epitel organ cahaya, jadi merupakan saluran yang menghubungkan antara bakteri dari luar ke dalam organ cahaya. Saluran ditemukan sitoplasma pendek dan panjang yang berjulur (*striated border*). Tonjolan tersebut adalah silia dan mikrovili, karena pada silia aksonema kompleks yang dibentuk oleh sepasang mikrotubulus sentral dan dikelilingi oleh 9 pasang mikrotubulus dan pada mikrovili tidak ada (Gambar 5).

### Reflektor Organ Cahaya

Hasil irisan sampel reflektor dengan mikrografi mikroskop elektron transmisi memperlihatkan pada lapisan reflektor dekat lapisan pigmen. Reflektor berwarna perak (*silver*) mengkilap, berbentuk bulat membungkus kantong dan terletak di bagian luar kantong. Mikrografi mikroskop elektron transmisi memperlihatkan bahwa reflektor sebagian besar terdiri dari *lamella* dimana sebagian besar letaknya paralel dengan permukaan kantong dan saling berdekatan akan tetapi struktur dan ukurannya berbeda pada setiap posisinya. *Lamella* yang berada dekat permukaan kantong tinta ukurannya lebih pendek dan teksturnya lebih tebal serta letaknya tidak beraturan. Sebaliknya *lamella* yang jauh dari permukaan kantong tinta ukurannya lebih panjang dan sebagian besar teksturnya lebih tipis serta letaknya paralel. Ukuran panjang *lamella* berkisar antara 0,13 sampai 2,18  $\mu\text{m}$  dengan ketebalannya berkisar antara 0,16 – 0,20  $\mu\text{m}$ , namun ada beberapa lembaran *lamella* yang lebih panjang hingga mendekati ke bagian permukaan kantong tinta. Masing-masing dari sekelompok *lamella* seolah-olah dibatasi oleh membran pembatas karena ada jarak di antara sekelompok *lamella*.

### Lapisan Pigmen Organ Cahaya

Lapisan pigmen organ cahaya memperlihatkan bahwa lapisan pigmen terdiri dari kumpulan granula berukuran hampir sama dan membentuk barisan, barisan granula disebut lapisan pigmen. Di luar lapisan pigmen hadir granula dengan sebaran dan ukurannya tidak seragam (Gambar 5).



**Gambar 5.** Letak sampel lapisan pigmen, mikrografi mikroskop elektron transmisi memperlihatkan barisan kelompok granula pada lapisan pigmen (lp) dan bagian luar lapisan pigmen hadir juluran mikrovili, 23.000x

Organ cahaya cumi-cumi *L. duvauceli* terdiri atas lensa yang terletak pada permukaan luar kantong tinta, kantong organ cahaya (terbenam pada dinding kantong tinta) mempunyai saluran penghubung kantong dengan rongga mantel serta bersilia (Pringgenies et al., 2020b). Dinding kantong organ cahaya terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan terdalam yang berlipat lipatan, lapisan padat yang berperan sebagai reflektor dan lapisan pigmen. Diantara lapisan pigmen dan kantong tinta ada ruang yang cukup tebal. Lensa dari organ cahaya berwarna putih bening dan berbentuk konveks diduga sesuai perannya. Lensa merupakan salah satu struktur dari alat optik yang erat hubungannya dengan pencahayaan, oleh karena itu warna bening lensa bertujuan agar lensa dapat tembus cahaya, seperti yang terdapat pada organ mata makhluk hidup. Struktur bening atau transparan yang terdapat pada lensa disebabkan karena sintesis suatu protein spesifik lensa yang disebut

kristalin (Tan et al., 2016). Maka dengan struktur bening dan bentuk konveks yang dimiliki lensa organ cahaya cumi-cumi *L. Duvaucei* mengefektifkan peran organ cahaya dalam pencahayaan dan pemfokusan cahaya.

Lapisan terluar dari kantung organ cahaya, yaitu sebagai lapisan pigmen organ cahaya, terdiri dari sel yang mengandung kumpulan granula pigmen melamin dan pada permukaan sel yang menghadap kantung tinta terdapat mikrovili yang diduga berfungsi dalam penyerapan substansi yang terdapat di ruang antara lapisan pigmen dan kantung tinta. Pigmen yang terdapat pada kantung tinta cumi-cumi adalah pigmen melanin (Derby, 2014) yang dibentuk oleh oksidasi asam amino tirosin dari enzim tirosinase (Ramsden dan Riley, 2014). Peran lapisan pigmen organ cahaya adalah untuk penyerapan cahaya maka diduga dengan adanya lapisan pigmen tidak akan ada cahaya yang hilang dari organ cahaya (Williams et al., 2019).

Lapisan tengah kantung organ cahaya terdiri dari lamel-lamel padat yang tersusun sejajar dan terdapat kumpulan pigmen di antaranya dan berperan sebagai reflektor organ cahaya. Susunan lamella yang berkeping-keping dan sejajar menjadikan reflektor tidak kaku atau fleksibel. Sebagian besar material yang terdapat pada reflektor cumi-cumi adalah kitin atau kolagen (Wang et al., 2019; Ling et al., 2020), sedang reflektor organ cahaya ikan dibentuk dari kristal guanin (Paitio et al., 2020). Bell et al., (2013) pada reflektor organ cahaya ikan tidak berbentuk kristal, sehingga reflektor cumi-cumi lebih fleksibel dalam pengaturan cahaya.

Lapisan dalam dinding kantung organ cahaya terbentuk dari lipatan-lipatan di dalam lumen kantung organ cahaya dan pada permukaan selnya terdapat mikrovili. Walaupun Sauvanet et al., (2015) menyatakan bahwa mikrovili berfungsi untuk proses sekresi, tapi mikrovili pada permukaan sel epitel diduga berfungsi untuk penyerapan cairan dari kantung organ cahaya. Kepadatan sel bakteri ini didukung oleh bentuk struktur lumen yang berlipat-lipat, sehingga menambah luas permukaan lumen sebagai tempat koloni bakteri berkembang. Muara saluran bersilia juga dapat dijumpai sel-sel bakteri yang sama dengan sel bakteri dalam kantung organ cahaya, hal ini menandakan bahwa saluran bersilia tersebut adalah merupakan saluran yang menghubungkan kantung organ cahaya dan bagian luar kantung (permukaan luar kantung tinta) (Pringgenies et al., 2017). Disamping itu, ada kemungkinan silia juga berperan dalam proses pengeluaran sebagian populasi sel-sel bakteri secara periodik yang kemudian digantikan oleh sel-sel dari hasil pembelahan yang baru, dengan demikian populasi sel bakteri selalu terjamin kemampuannya dalam proses pencahayaan. Fenomena ini dilaporkan terjadi pada bakteri simbiotik *Vibrio vischeri* dalam cumi *Euprymna scolopes* (Norsworthy dan Visick, 2013; Bongrand et al., 2016).

## KESIMPULAN

Organ cahaya terdiri atas lensa yang terletak pada permukaan luar kantung tinta dan kantung organ cahaya (terbenam pada dinding kantung tinta) yang mempunyai saluran penghubung kantung dengan rongga mantel. Dinding kantung organ cahaya terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan terdalam yang berlipat-lipat dengan mikrovili di permukaan selnya dan diantara lipatan kantung mengandung banyak bakteri; lapisan padat yang berperan sebagai reflektor dan lapisan pigmen. Pada permukaan saluran yang menghubungkan kantung dengan rongga mantel terdapat silia.

## DEKLARASI

Penulis mendeklarasikan bahwa penulis tidak ada konflik

## DAFTAR PUSTAKA

- Bell, G. R. R., Kuzirian, A. M., Senft, S. L., Mäthger, L. M., Wardill, T. J., Hanlon, R. T. (2013). Chromatophore radial muscle fibers anchor in flexible squid skin. *Invertebrate Biology*, 132(2): 120–132. <https://doi.org/10.1111/ivb.12016>
- Bongrand, C., Koch, E. J., Moriano-Gutierrez, S., Cordero, O. X., McFall-Ngai, M., Polz, M. F., Ruby, E. G. (2016). A genomic comparison of 13 symbiotic *Vibrio fischeri* isolates from the perspective of their host source and colonization behavior. *ISME Journal*, 10: 2907–2917. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.69>
- Burford, B. P., Robison, B. H. (2020). Bioluminescent backlighting illuminates the complex visual signals of a social squid in the deep sea. *Proceeding of the National Academy of Sciences of The United States of America*, 117(15): 8524–8531. <https://doi.org/10.1073/pnas.1920875117>
- Derby, C. D. (2014). Cephalopod Ink: Production, Chemistry, Functions and Applications. *Marine Drugs*, 12:

- 2700–2730. <https://doi.org/10.3390/md12052700>
- Ding, B. W., Liu, Y. J. (2017). Bioluminescence of firefly squid via mechanism of single electron-transfer oxygenation and charge-transfer-induced luminescence. *Journal of the American Chemical Society*, 139(3), 1106–1119. <https://doi.org/10.1021/jacs.6b09119>
- Hellinger, J. (2017). Bioluminescence in Fishes: Diversity and Functions. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 2(3), 3–5. <https://doi.org/10.19080/foaj.2017.02.555587>
- Ling, S., Chen, W., Fan, Y., Zheng, K., Jin, K., Yu, H., Kaplan, D. L. (2020). Biopolymer nanofibrils: structure, modeling, preparation, and applications. *Progress in Polymer Science*, 85: 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.06.004>. Biopolymer
- Norsworthy, A. N., Visick, K. L. (2013). Gimme shelter: how *Vibrio fischeri* successfully navigates an animal's multiple environments. *Frontiers in Microbiology*, 4: 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00356>
- Paitio, J., Yano, D., Muneyama, E., Takei, S., Asada, H., Iwasaka, M., Oba, Y. (2020). Reflector of the body photophore in lanternfish is mechanistically tuned to project the biochemical emission in photocytes for counterillumination. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 521: 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.10.197>
- Pringgenies, D., Sari, D.A., Azizah, R., Yudiati, E., Susilo, E.S., Satriadi, A. (2017). Determinasi bakteri simbiosis luminesensi cumi *Loligo edulis* serta analisis potensinya sebagai anti bakteri. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2):78-83. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i2.1698>
- Pringgenies, D., Dewi, K., Apriliyani, P. 2020a. Bioluminescence of symbiont bacteria in marine life. September 2020. Publisher International.
- Pringgenies, D., Djunaedi, A., Santosa, G.W., Yudiati, E. (2020b). The existence of bacteria in the luminescent organs of *Loligo duvauceli*. Agustus 2020. Book Publisher International.
- Sauvanet, C., Wayt, J., Pelaseyed, T., Bretscher, A. (2015). Structure, Regulation, and Functional Diversity of Microvilli on the Apical Domain of Epithelial Cells. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 31: 593–621. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100814-125234>
- Tan, W., Cheng, S., Liu, Y., Wu, C., Lin, M., Chen, C., Chou, C. (2016). Structure of a Highly Active Cephalopod S-crystallin Mutant : New Molecular Evidence for Evolution from an Active Enzyme into Lens-Refractive Protein. *Nature Publishing Group*, 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep31176>
- Wang, C.-H., Doan, C. T., Nguyen, V. B., Nguyen, A. D., Wang, S.-L. (2019). Reclamation of Fishery Processing Waste : *Molecules*, 24(2234): 1–17.
- Williams, T. L., Senft, S. L., Yeo, J., Martín-Martínez, F. J., Kuzirian, A. M., Martin, C. A., Deravi, L. F. (2019). Dynamic pigmentary and structural coloration within cephalopod chromatophore organs. *Nature Communications*, 10(1):1–15. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08891-x>