

ASPEK BIOLOGI UBUR-UBUR API, *Physalia physalis* (LINNAEUS, 1758)**Mochamad Ramdhan Firdaus^{1*}**

¹Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara 14430

*Alamat email: ramdhan.ekologi@gmail.com

ABSTRACT

Physalia physalis is one of the jellyfish believed to be responsible for a significant proportion of jellyfish attack cases in the world. As one of the most dangerous members of the Cnidarian in the sea, *P. physalis* has a sting that can paralyze their prey. To humans, the sting can cause cardiotoxic, neurotoxic, muscularly toxic, and hemolytic effects. *P. physalis* has different biological characteristics than most organisms. For example, an individual of *P. physalis* actually is a colony consisting of four groups of individuals who have different structures and functions. The arrangement of the colony has a complex structure and shows a polymorphism. *P. physalis* is a pleustonic organism because they live on the surface of the water. *P. physalis* still leaves many mysteries to scientists. For example, the life cycle of a *P. physalis* is not yet fully known. Besides, the diversity of *P. physalis* also still leaves questions among scientists. Some believe that *P. physalis* is monotypic, while others suspect there is cryptic diversity. Therefore, the study of *P. physalis* is very interesting, especially under the issue of climate change. Many scientists believe that jellyfish get benefit from increasing sea temperatures, so the population is predicted to increase. The high population of *P. physalis* threatens the sustainability of fish stocks in the ocean, mainly due to *P. physalis* are productive predators of fish larvae. This paper aims to provide information on the biological aspects of *P. physalis*, which are still limited in Indonesia.

Keywords: cnidaria, siphonophorae, physalia, jellyfish, glaucus, fish larvae.

PENDAHULUAN

Setiap tahun diperkirakan terjadi 150 juta kasus serangan ubur-ubur pada manusia di dunia dan ubur-ubur api diyakini memiliki kontribusi besar atas sejumlah kasus tersebut (Kajfasz, 2015). Di negara bagian Queensland (Australia) misalnya, dilaporkan terjadi hingga 47.785 kasus serangan ubur-ubur api selama kurun waktu 2018–2019 (Surf Life Savings Queensland, 2019). Di Indonesia sendiri, pada tahun 2019 dilaporkan terjadi 612 kasus serangan ubur-ubur api hanya untuk sebagian wilayah pesisir selatan Gunung Kidul Yogyakarta (Search and Rescue (SAR) Baron, 2019). Padahal berdasarkan laporan jurnalistik, pada tahun 2019 ubur-

ubur api tersebar hampir di sepanjang pesisir selatan Jawa dan beberapa lokasi di perairan Sumatra (Ridlo, 2019; Nugroho, 2019; Yuwono, 2019; Alamsyah, 2019; Yanuar, 2019; Carminanda, 2019; Nazmudin, 2019). Oleh karena itu, jumlah kasus serangan ubur-ubur api di Indonesia diperkirakan jauh lebih besar.

Ubur-ubur api dikenal sebagai salah satu anggota Filum Cnidaria yang paling berbahaya di laut (Tamkun & Hessinger, 1981; Shier, 1980). Filum ini dikenali dari ciri khasnya, yaitu memiliki sel *cnidocyte* (knidosit) pada tubuhnya. Knidosit adalah sel penyengat yang digunakan untuk menangkap mangsa atau melindungi diri dari musuh. Pada ubur-ubur api, sel ini

dikenal dengan nama *nematocyst* (nematosit). Sengatan ubur-ubur api dapat menyebabkan beberapa gangguan fisiologis seperti haemolitik (Tamkun & Hessinger, 1981), sitolitik (Edwards et al., 2002) dan kardiotoxik (Hastings et al., 1967; Edwards et al., 2000). Oleh karena itu, orang yang tersengat ubur-ubur api dapat mengalami rasa terbakar pada kulit, eritema, sesak napas, kejang-kejang, dan gagal jantung bahkan berpotensi menyebabkan kematian (Stein et al., 1989).

Ubur-ubur api memiliki bentuk menarik seperti “balon” transparan berwarna biru, merah muda atau ungu dengan tentakel yang memanjang di bagian bawahnya. Struktur “balon” pada ubur-ubur api disebut *pneumatophore* dan berperan sebagai pelampung sekaligus layar yang membantu hewan tersebut untuk mengapung dan bergerak dengan memanfaatkan angin. Oleh karena itu, ubur-ubur api dapat terbawa angin hingga ribuan kilometer (Munro et al., 2019) ke wilayah-wilayah pantai dan menyengat para wisatawan.

Ubur-ubur api selain menunjukkan banyak fakta menarik, juga masih menyisakan banyak misteri bagi ilmuwan. Misalnya saja, siklus hidupnya belum sepenuhnya diketahui karena fase telur dan planulanya belum terobservasi (Munro et al., 2019). Selain itu, silang pendapat mengenai keanekaragaman ubur-ubur api masih belum menemui titik terang. Sebagian peneliti meyakini bahwa ubur-ubur api hanya terdiri dari satu jenis saja (*monotypic*), yaitu *P. physalis*, sedangkan *P. utriculus* (Gmelin, 1788) dan *P. pelagica* (Lamarck, 1801) masih jenis yang sama (sinonim). Meskipun demikian, berdasarkan analisis struktur genetic, Pontin & Cruickshank (2012) menduga

terdapat keanekaragaman tersembunyi (*cryptic diversity*) pada ubur-ubur api.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi ilmiah mengenai ubur-ubur api, meliputi aspek biologi ubur-ubur api seperti taksonomi, morfologi, anatomi dan siklus hidup. Selain itu, disampaikan juga informasi mengenai perilaku makan, pemangsa, simbiosis, habitat, dan sebaran ubur-ubur api.

TAKSONOMI UBUR-UBUR API (*P. physalis*)

Masyarakat Indonesia mengenal ubur-ubur api dengan beberapa sebutan daerah, seperti *krawe*, *leteh*, atau *impes*. Dalam bahasa Inggris, hewan ini dikenal dengan “*the-portuguese man-of-war*”, “*man-of-war*” atau “*pacific-man-of-war*”. Di Australia, ubur-ubur api dikenal dengan “*the bluebottle*”. Secara ilmiah, ubur-ubur api pertama kali dideskripsikan dan dipublikasikan oleh Linnaeus pada tahun 1758 dengan nama binomial *Physalia physalis*. Taksonomi hewan tersebut telah mengalami beberapa kali revisi, mulai dari Lamarck (1801) hingga Totton (1960) (Pontin & Cruickshank, 2012).

Ubur-ubur api dimasukkan ke dalam filum *Cnidaria* karena memiliki organ khas kelompok *cnidarian*, yaitu knidosit (*cnidocyte*). Knidosit merupakan sel penyengat pada ubur-ubur dan dikenal dengan nama *nematocyst* (Bouillon et al., 2006; Hinde, 1998; Cormier & Hessinger, 1981). Ubur-ubur api sendiri dikelompokkan ke dalam kelas Hidrozoa karena memiliki karakteristik khas Hidrozoa, yaitu melepas medusae dari tunas (Bouillon et al., 2006). Meski begitu, Bouillon et al. (2006) berpendapat bahwa Hidrozoa bukanlah filum, melainkan lebih tinggi tingkatan taksanya, yaitu *superfilum*.

Dengan demikian, berdasarkan sistematika tersebut ubur-ubur api dimasukkan ke dalam kelas Hydroidomedusae.

Kelas Hydroidomedusae memiliki ciri khas membentuk medusa dari nodul atau tunas (Bouillon et al., 2006). Ubur-ubur api masuk dalam kelompok subkelas *Shiphonophorae*. *Shiphonophorae* membentuk *polypoid* dan *medusoid* yang sangat polimorfik dalam satu tubuh serta menempel pada stolon yang didukung oleh struktur tubuh yang dapat mengapung (Bouillon et al., 2006). Struktur tubuh yang dapat mengapung tersebut dapat berupa *pneumatophore* dan/atau *nectopores*. Berdasarkan ada tidaknya *pneumatophore* apikal dan kelompok *nectopores* di dalam *nectosome*, *shiphonophorae* dibedakan menjadi tiga ordo, yaitu *Cystonectae*, *Physonectae* dan *Calyophorae* (Bouillon et al., 2006). Ubur-ubur api masuk ke dalam Ordo *Cystonectae* dengan ciri hanya memiliki *pneumatophore* dan tanpa *nectosome*. Meski begitu, menurut sistem taksonomi yang diajukan oleh Collins (2002), ubur-ubur api masuk dalam Ordo *Shiphonophora* dan Sub-Ordo *Cystonectae*. Berdasarkan bentuk *pneumatophore*,

Cystonectae terbagi lagi menjadi dua keluarga, yaitu *Physaliidae* dan *Rhizophysidae*. *Physaliidae* memiliki *pneumatophore* horizontal, sedangkan *Rhizophysidae* memiliki *pneumatophore* berbentuk bulat oval (Bouillon et al., 2006).

Keluarga *Physaliidae* diyakini bersifat *monotypic* karena hanya memiliki satu spesies saja (Pontin & Cruickshank, 2012; Bouillon et al., 2006). Meski demikian, ada beberapa spesies ubur-ubur api lain yang diajukan oleh para peneliti, seperti *P. utriculus* (Gmelin, 1788) dan *P. pelagica* (Lamarck, 1801) (Pontin & Cruickshank, 2012). Namun, kedua jenis tersebut dianggap sebagai sinonim dari jenis *P. physalis* (Munro et al., 2019; Pontin & Cruickshank, 2012; Bouillon et al., 2006). Menurut *World Register of Marine Species* (2020), setidaknya terdapat 21 sinonim dari *P. physalis* (Tabel. 1).

Pontin & Cruickshank (2012) menduga adanya keragaman yang tersembunyi (*cryptic diversity*) dari ubur-ubur api. Pontin & Cruickshank (2012) dalam studinya meneliti struktur genetik 54 sampel *Physalia* dari perairan New Zealand

Tabel 1. Sinonim dari *P. physalis*.

No.	Synonyms	No.	Synonyms
1	<i>Arethusa caravella</i> (Oken, 1815)	12	<i>Physalis arethusa</i> (Tilesius, 1810)
2	<i>Holothuria velificans</i> (Osbeck, 1765)	13	<i>Physalis cornuta</i> (Tilesius, 1810)
3	<i>Medusa utriculus</i> (Gmelin, 1788)	14	<i>Physalis elongata</i> (Lamarck, 1816)
4	<i>P. australis</i> (Péron, 1807)	15	<i>Physalis glauca</i> (Tilesius, 1810)
5	<i>P. gigantea</i> (Bory de St Vincent, 1894)	16	<i>Physalis lamartinieri</i> (Tilesius, 1810)
6	<i>P. glauca</i> (Tilesius, 1810)	17	<i>Physalis megalista</i> (Lamarck, 1816)
7	<i>P. megalista</i> (Lesueur & Petit, 1807)	18	<i>Physalis osbeckii</i> (Tilesius, 1810)
8	<i>P. pelagica</i> (Lamarck, 1801)	19	<i>Physalis pelagica</i> (Tilesius, 1810)
9	<i>P. pelagica</i> (Bosc, 1802)	20	<i>Physalis pelagica</i> (Lamarck, 1816)
10	<i>P. utriculus</i> (Gmelin, 1788)	21	<i>Physalis tuberculosa</i> (Lamarck, 1816)
11	<i>Physalis afer</i> (Tilesius, 1810)		

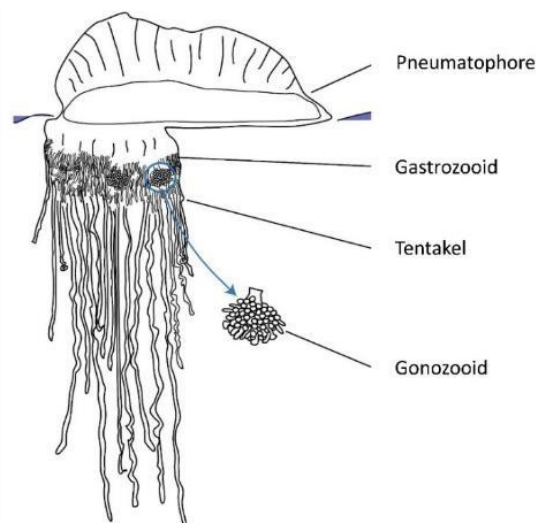
Sumber: *World Register of Marine Species* (2020)

dan Australia. Mereka menemukan hasil analisis yang kompleks dan tidak konsisten sehingga mereka menduga adanya *substantial cryptic diversity* pada ubur-ubur api. *Cryptic diversity* menunjukkan bahwa hewan tersebut memiliki keragaman diversitas secara genetik, namun memiliki morfologi yang sangat mirip seolah hanya satu jenis hewan saja. Genus *Physalia* memiliki ciri berwarna biru-ungu dan memiliki kantung berisi gas yang disebut dengan *pneumatophore* asimetris serta tentakel yang menjuntai hingga beberapa meter. Berikut adalah taksonomi lengkap ubur-ubur api atau *P. physalis* (Schuchert, 2020):

Kingdom : Animalia (Haeckel, 1866)
 Phylum : Cnidaria (Hatschek, 1888)
 Class : Hydrozoa (Owen, 1843)
 Sub-class : Hydroidolina (Collins, 2000)
 Order : Siphonophorae (Eschscholtz, 1829)
 Sub-order : Cystonectae (Haeckel, 1887)
 Family : Physaliidae (Brandt, 1835)
 Genus : *Physalia* (Lamarck, 1801)
 Spesies : *P. physalis* (Linnaeus, 1758)

MORFOLOGI DAN ANATOMI

Secara umum ubur-ubur api memiliki bentuk yang menarik, yaitu menyerupai balon lonjong transparan dengan warna kemerahan, kebiruan, kehijauan atau keunguan (Gambar 1). Warna tersebut memberikan kamuflase yang baik di laut dan dibentuk oleh kompleks biliprotein, yaitu grup prostetik *bilatriene* (Herring, 1971). Ubur-ubur api memiliki struktur tubuh yang rumit dengan variasi morfologi yang tinggi (*polymorphism*). Tubuhnya terdiri dari beberapa kesatuan *zooid* yang disebut dengan kormidia. Setiap kormidia bersifat tripartit (tiga kelompok *zooid*). Satu individu ubur-ubur api yang kita lihat sesungguhnya bukan satu individu, melainkan kesatuan koloni yang terdiri dari beberapa individu fungsional terspesialisasi yang disebut *zooid* (Gambar 1). Terdapat empat *zooid* di dalam satu individu ubur-ubur api, yaitu *pneumatophore*, *gastrozooid*, *dactylozooid* dan *gonozooid* (Munro et al., 2019). Keempat *zooid* tersebut memiliki struktur dan fungsi yang sangat berbeda satu sama lain, namun tetap bersinergi serta tidak dapat hidup tanpa salah satu *zooid* tersebut.



Gambar 1. Ubur-ubur api dan ilustrasi struktur keempat zooidnya (Dunn, Pugh, & Haddock (2005) dan Munro et al. (2019).

Pneumatophore

Pneumatophore merupakan *zooid* yang berperan sebagai pelampung sekaligus layar yang membuat ubur-ubur api dapat mengapung dan bergerak dengan memanfaatkan angin. Selain itu, *pneumatophore* juga membantu ubur-ubur api untuk mempertahankan tentakelnya yang panjang agar tetap terbentang di dalam air. *Pneumatophore* memiliki bentuk seperti balon berbentuk triangular asimetris dan terbuat dari semacam membran tipis transparan (Bardi & Marques, 2007; Wittenberg, 1960) (Gambar 2). *Pneumatophore* memiliki panjang sekitar 8.1–134 mm dan diameter 3.6–65.1 mm (Bardi & Marques, 2007).

Pneumatophore berisi gas dengan volume sekitar 9–500 ml dan terdiri atas oksigen, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen, dan argon (Clark & Lane, 1961; Wittenberg, 1960). Proporsi gas terbesar adalah oksigen (15–20 %) dan karbon monoksida (0.5–13%) (Wittenberg, 1960). Gas karbon monoksida dibentuk oleh kelenjar gas berukuran 0,9–36,4 mm yang disebut *pneumadema* dan diduga berperan dalam mekanisme mengapung dan tenggelam (Haeckel, 1888; Wittenberg,

1960; Bardi & Marques, 2007). Ubur-ubur api menenggelamkan diri ke dalam air dengan tujuan untuk menghindari pengeringan tubuh (*desiccation*) akibat paparan sinar matahari di permukaan laut (Sterrer, 1992). Di bagian atas *pneumatophore* terdapat struktur seperti layar dengan 5–29 lipatan atau kerutan (Bardi & Marques, 2007). Kontraksi otot di *pneumatophore* akan meningkatkan tekanan di *pneumatosaccus* sehingga lipatan layar tersebut dapat terkembang (Mackie, 1960). Struktur layar yang terkembang ini membuat ubur-ubur api dapat bergerak hingga ribuan kilometer meski hanya dengan memanfaatkan angin (Munro et al., 2009).

Gastrozooids

Gastrozoid merupakan *zooid* yang berperan untuk mencerna mangsa (*feeding polyps*) (Gambar 3-a). Mackie (1960) menyebutkan bahwa dalam menjalankan fungsinya gastrozoid melakukan semacam gerakan mencari seperti meraba-raba (*searching movements*). Saat menyentuh mangsa yang dibawa tentakel, *gastrozoid* akan langsung menyelimuti mangsanya. Lebar bukaan mulut setiap satu *gastrozoid*



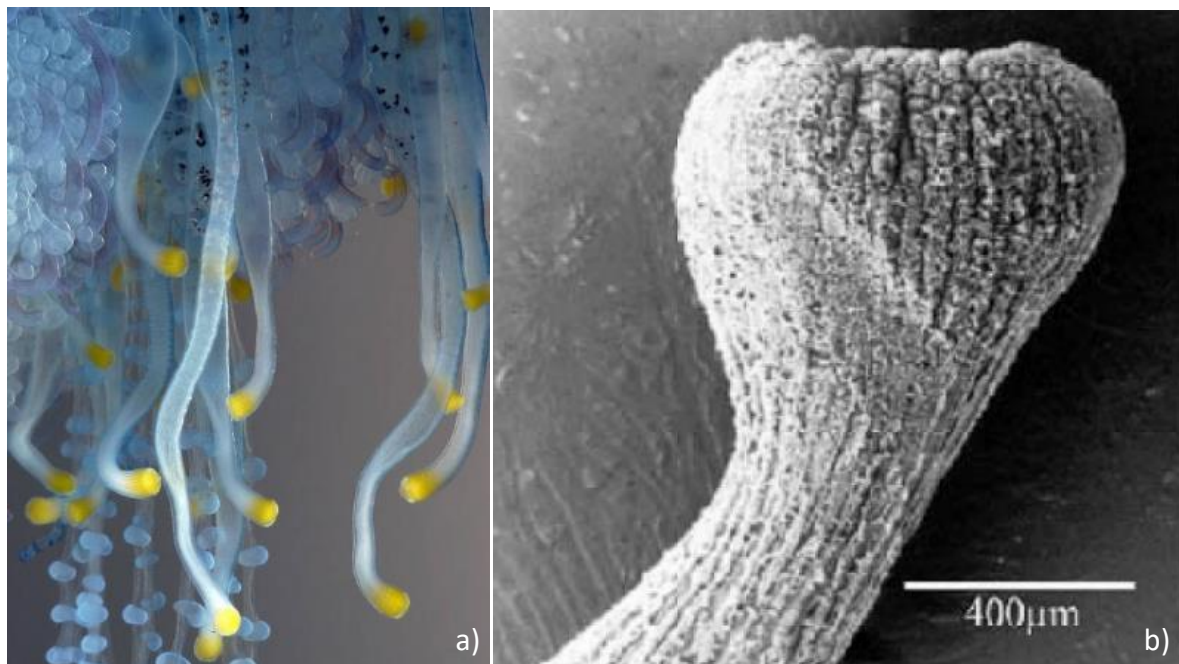
Gambar 2. *Pneumatophore* ubur-ubur api berbentuk seperti balon dengan struktur seperti layar di bagian atasnya (Towle, 2008).

diperkirakan dapat mencapai 1 cm (Gambar 3-b) dan diperlukan sekitar 50 *gastrozoid* untuk menyelubungi ikan berukuran 10 cm (Mackie, 1960; Wilson, 1947).

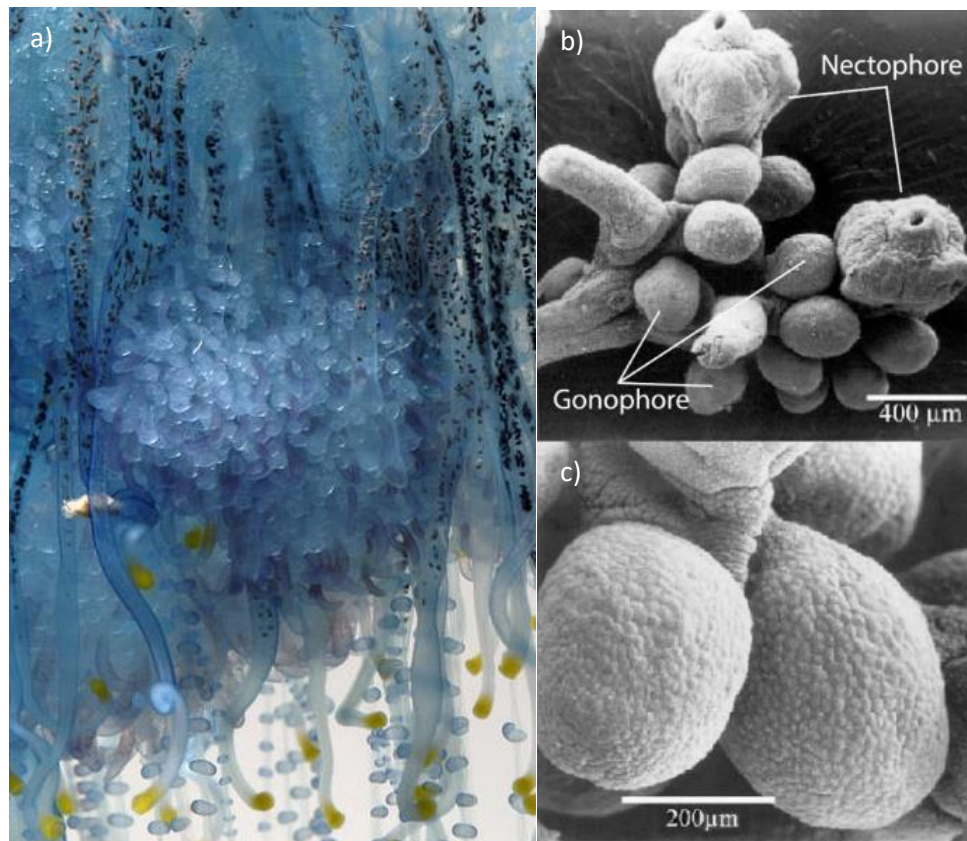
Setelah menyelubungi mangsanya, *gastrozoid* akan mengeluarkan enzim pencernaan yang dapat mengurai tubuh mangsanya menjadi senyawa-senyawa organik sederhana seperti karbohidrat, lemak, dan protein (Santhanam, 2020; Mackie & Boag, 1963; Mackie, 1960). Senyawa-senyawa organik tersebut kemudian diedarkan ke seluruh bagian koloni. Sisa-sisa tubuh mangsa yang tidak dicerna akan dibuang kembali melalui mulut *gastrozoid*. Sisa-sisa makanan tersebut menjadi daya tarik bagi ikan-ikan kecil untuk mendekat. Jika terkena tentakel, maka ikan-ikan kecil tersebut akan terjebak dan jadi mangsa berikutnya.

Gonozooids

Gonozoid merupakan *zoid* yang menjalankan fungsi reproduksi dan terletak di dalam air di bawah *pneumatophore* (Gambar 4-a). Terdapat tiga jenis *medusoid* pada ubur-ubur api dan ketiganya ditemukan pada *gonodendra* (Totton, 1960). Ketiga *medusoid* tersebut adalah *gonophores*, *nectophore*, dan *vestigial gonophores*. *Gonophores* merupakan *medusoid* yang membawa gamet, baik gamet jantan atau betina. *Nectophore* dapat melakukan gerakan memompa dan diduga berperan menjaga gonodendra yang dilepas ke dalam air dapat bergerak dan teroksigenasi dengan baik (Mackie, 1960). *Vestigial nectophores* diduga merupakan *nectophores* yang tereduksi fungsinya sehingga tidak berfungsi sebagaimana *nectophores* (Totton, 1960).



Gambar 3. *Gastrozoid* pada ubur-ubur api (a) (Migotto, 2006a) dan SEM Mulut *Gastrozoid* (b) (Bardi & Marques, 2007).



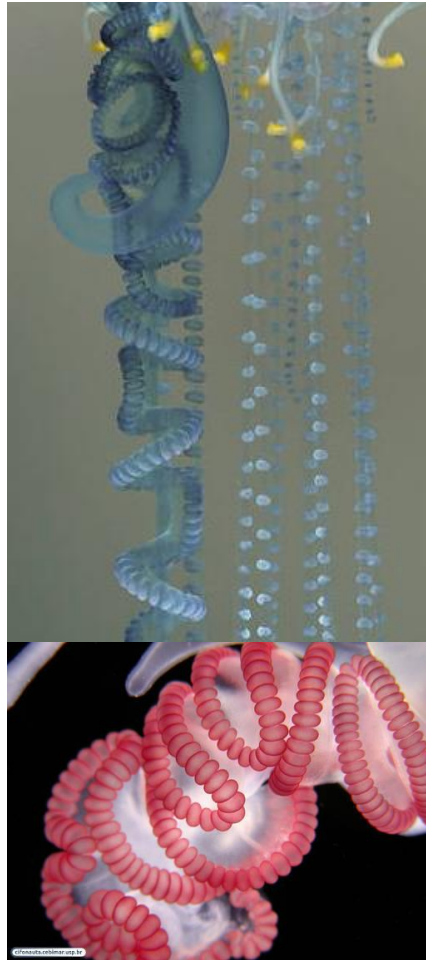
Gambar 4. *Gonozooids* pada ubur-ubur api dikelilingi oleh *dactylozooid* dan *gastrozooid* (a) Satu cabang gonodendra (Migotto, 2006b). (b) dan gambar SEM dari *gonophore* yang menempel pada gonodendra berisi gamet jantan atau betina. (c) *Gonophore* (Bardi & Marques, 2007).

Dactylozooids

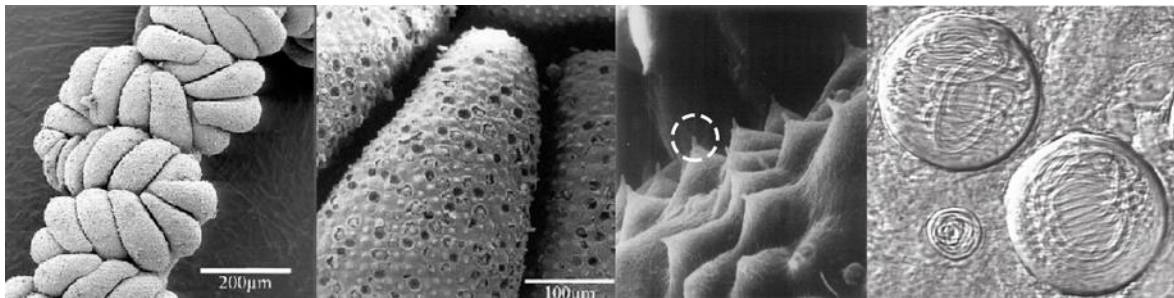
Dactylozooid merupakan *zooid* yang berperan untuk menjebak dan menangkap mangsa (Gambar 5). *Dactylozooid* berbentuk tentakel dengan panjang bervariasi, tergantung usia ubur-ubur api, namun pada saat dewasa panjangnya dapat mencapai 30–50 m (Munro et al., 2019; Totton, 1960). Tentakel ubur-ubur api diketahui dapat berkontraksi hingga panjangnya hanya 1/70 dari panjang maksimalnya (Parker, 1932). Mekanisme mengkerut pada tentakel berperan untuk membawa mangsa ke *gastrozooid*.

Dalam mendukung fungsinya, tentakel ubur-ubur api terspesialisasi untuk membentuk nematosit, yaitu sel penyengat yang dapat menyuntikkan toksin pada mangsanya. Nemosit di bawah mikroskop

elektron tampak seperti tonjolan-tonjolan bulat yang tertutup lapisan mukus dan setiap tonjolan menandakan adanya satu nematosit di bawahnya (Gambar 6) (Cormier & Hessinger, 1980). Setiap satu gram berat basah tentakel diperkirakan mengandung hingga 55 juta nematosit dengan ukuran 8,8–42,3 mikron (Lane & Dodge, 1958). Di bagian puncak tonjolan, terdapat struktur seperti rambut atau flagel yang disebut dengan *cnidocil* dan berperan sebagai reseptor untuk memicu aktivasi nematosit. Aktivasi nematosit dapat terjadi melalui stimulasi mekanis atau kimia (Cormier & Hesinger, 1980). Berdasarkan ukurannya, terdapat dua kelompok nematosit, yaitu kelompok dengan ukuran diameter rata-rata 11,3 mikron sebanyak 23% dan dengan diameter rata-rata 26,8



Gambar 5. Tentakel (*Dactylozoid*) ubur-ubur api (Migotto, 2006c; Migotto, 2006d).



Gambar 6. Tentakel ubur-ubur api di bawah mikroskop elektron. Dari kiri ke kanan: tentakel; kumpulan nematosit; *cnidocyl* di puncak nematosit; nematosit (Genzano et al., 2014; Bardi & Marques, 2007; Cormier & Hessinger, 1980).

mikron sebanyak 77% (Lane & Dodge, 1958). Nematosit pada ubur-ubur api akan tetap aktif meskipun tentakel putus dan terlepas dari tubuh utama atau bahkan saat ubur-ubur mati.

Aktivasi nematosit dimulai ketika rambut pemicu (*cnidocil*) terkena stimulasi (Cormier & Hessinger, 1980). Seketika

struktur seperti panah atau jarum di dalam sel knidosit akan menusuk apa saja yang ada di dekatnya. Meski demikian, nematosit diketahui hanya dapat menembus bagian tubuh yang lunak dari mangsanya (Purcell, 1984b). Pada kulit manusia, nematosit dapat menembus kulit hingga kedalaman 1 mm (Fenner & Williamson,

1996). Setelah menusuk, nematosit pada saat itu juga akan menyuntikkan toksin ke dalam tubuh mangsa. Tentakel sebenarnya tidak hanya digunakan oleh ubur-ubur api untuk berburu, namun juga untuk melindungi diri.

TOKSIN UBUR-UBUR API

Secara umum toksin ubur-ubur api bersifat kardiotoxik, neurotoksik, muskultoksik dan hemolitik (Burnett & Calton, 1976; Larsen & Lane, 1970; Larsen & Lane, 1968; Hasting et al., 1967; Larsen & Lane, 1966). Oleh karena itu, mangsa yang tersengat dapat mengalami kelumpuhan (*paralyze*) atau bahkan kematian. Pengujian toksin pada hewan anjing (*canine*) menunjukkan adanya peningkatan tekanan darah, peningkatan laju pernafasan dan hemolisis (Hastings et al., 1967). Pada hewan kecil seperti tikus, hasil pengujian menunjukkan bahwa dosis 0,037 ml/kg bersifat letal (Lane & Dodge, 1958). Toksin ubur-ubur api sebagian besar tersusun atas protein dan merupakan senyawa polipeptida yang bertekstur kental, serta memiliki berat molekul tinggi, yaitu mencapai 150 kDa (Burnett & Calton, 1976). Toksin ubur-ubur api memiliki enam reaksi enzim, meliputi ATPase, aminopeptidase non spesifik, Rnase, Dnase, AMPase dan fibrinolisin (Burnett & Calton, 1976). Burnett & Calton (1976) menduga bahwa target utama dari toksin ubur-ubur api adalah mengganggu transpor ion Na di dalam jaringan dan sel.

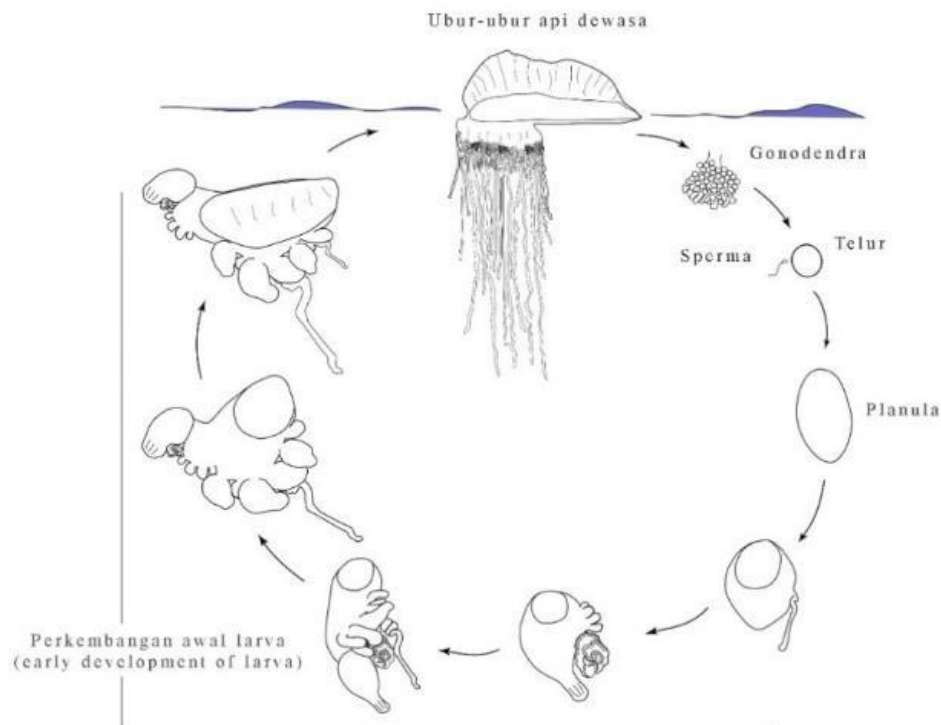
Berdasarkan berbagai kasus serangan ubur-ubur api pada manusia, diketahui bahwa toksin ubur-ubur api pada manusia menunjukkan berbagai gangguan pada sistem syaraf, jantung dan kulit. Akibatnya, korban mengalami berbagai gejala, seperti rasa sakit yang hebat, kebingungan, mual,

muntah, gangguan pernafasan, nekrosis pada kulit, disfungsi vasomotor (sistem pelebaran dan penyempitan pembuluh darah), kram, pingsan, kelumpuhan, hingga gagal jantung dan kematian (Labadie et al., 2012; Haddad et al., 2002; Stein et al., 1989; Lane & Dodge, 1958). Meski dinyatakan dapat menyebabkan kematian, namun kasus kematian sangat jarang sekali dilaporkan.

SIKLUS HIDUP UBUR-UBUR API

Siklus hidup atau tahapan perkembangan ubur-ubur api hingga saat ini belum sepenuhnya diketahui. Misalnya saja sampai saat ini tahapan telur dan planula dari ubur-ubur api belum berhasil terobservasi (Munro et al., 2019). Selain itu, fase perkembangan awal dari ubur-ubur api juga belum terobservasi secara langsung. Sejauh ini, informasi fase awal perkembangan ubur-ubur api diperoleh dari spesimen awetan yang tertangkap jaring (Munro et al., 2019). Meskipun demikian, fase siklus kehidupan ubur-ubur api dapat direkonstruksi secara teoretis berdasarkan siklus hidup jenis lain yang dekat kekerabatannya (Gambar 7). Fase telur dan planula diilustrasikan dengan merujuk pada siklus hidup *Nanomia bijuga*, yang juga anggota *siphonophore* (Munro et al., 2019).

Ubur-ubur api bersifat hermiprodit, artinya dalam satu kesatuan koloni terdapat gamet jantan dan betina sekaligus (Totton, 1960). Meski demikian, ubur-ubur api tetap membutuhkan sperma atau telur dari koloni lain saat pembuahan. Ubur-ubur api yang telah dewasa secara seksual akan melepas *gonodendra* matang ke dalam air (Munro et al., 2019). *Gonodendra* akan bergerak di dalam air membawa *gonophore* yang berisi sperma atau telur dengan bantuan *nectophores*. Setelah bertemu dengan



Gambar 7. Skema siklus hidup ubur-ubur api (Munro et al., 2019).

gonophore dari koloni lain maka akan terjadi fertilisasi eksternal di dalam air. Sel telur yang telah dibuahi akan berkembang menjadi larva dan tumbuh menjadi ubur-ubur api dewasa. Selama tahap perkembangan awal, ubur-ubur api hidup di bawah permukaan air (Munro et al., 2019). Jika *pneumatophore* sudah mencapai ukuran yang cukup, ubur-ubur api akan naik ke permukaan laut.

MANGSA UBUR-UBUR API

Mangsa utama ubur-ubur api adalah larva ikan (Purcell, 1981; Purcell, 1984a). Totton (1960) menyebutkan bahwa mangsa ubur-ubur api adalah ikan terbang (*exocoetidae*), makarel dan jenis-jenis ikan lainnya yang berenang di dekat permukaan air. Sekitar 70–90% hewan yang ditemukan di dalam pencernaan ubur-ubur api adalah larva ikan dan 10% di antaranya adalah krustase (Purcell, 1984a). Diperkirakan setiap harinya ubur-ubur api memangsa hingga 120 larva ikan (Purcell, 1984a).

Meski demikian, di dalam pencernaan ubur-ubur api ditemukan juga berbagai hewan kecil lainnya seperti telur ikan, ikan kecil, *cephalopod*, *chaetognate*, dan larva *leptocephalus* dalam jumlah yang relatif sedikit (Purcell, 1984a). Struktur keras dari tubuh hewan yang dimangsa, seperti mata ikan, mata larva ikan, dan rahang *chaetognata* diketahui tidak tercerna di dalam saluran pencernaan ubur-ubur api (Purcell, 1984a).

Ubur-ubur api merupakan hewan predator yang tidak menyerang mangsanya secara aktif (Purcell, 1985). Ubur-ubur api berburu secara pasif dengan menggunakan tentakel untuk menjebak dan melumpuhkan mangsa. Hal ini dapat terjadi berkat adanya *pneumatophore* yang membuat tentakel dapat terbentang seperti jaring di kolom air (Iosilevskii & Weihs, 2009). Tentakel tersebut juga memiliki warna menarik sehingga membuat ikan mendekat. Mangsa yang lewat dan menyentuh tentakel akan mengaktifasi nematosit untuk menusuk dan

menyuntikkan toksinnya sehingga mangsa tersebut lumpuh (Totton, 1960). Mangsa yang telah terjebak dan lumpuh kemudian akan dibawa ke bagian *gastrozoid* untuk kemudian dicerna secara ekstraseluler (Gambar 8).

PEMANGSA UBUR-UBUR API

Meskipun bersifat karnivora, ubur-ubur api bukanlah predator puncak (*top predator*). Ubur-ubur api memiliki beberapa pemangsa seperti penyu *Tempayan* (*Careta careta*), siput laut biru (*Glaucus atlantica* dan *Glaucilla marginata*), siput laut ungu (*Janthina janthina*), gurita (*Tremoctopus*), dan ikan Mola (*Mola mola*) (Bingham & Albertson, 1974; Thompson & Bennett, 1969; Bieri, 1966; Jones, 1963). *G. atlanticus* dan *J. janthina* sama seperti ubur-ubur api yang bersifat pleustonik, sedangkan *C. careta*,

Tremoctopus dan *M. mola* bersifat pelagik. Hewan-hewan tersebut memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan tentakel ubur-ubur api yang berbahaya.

Salah satu pemangsa ubur-ubur api yang menarik adalah *Glaucus* atau siput laut biru (Gambar 9). Hewan ini sering juga dijuluki sebagai “*the blue dragon*” karena memiliki warna tubuh biru dengan bentuk yang eksotis seolah seperti hewan mitologi naga. Hewan dari keluarga *Glaucidae* tersebut merupakan kelompok siput laut tanpa cangkang (*nudibranch*) dan setidaknya ada dua jenis yang diketahui memangsa ubur-ubur api, yaitu *Glaucus atlanticus* dan *Glaucilla marginata* (Kamalakkanan et al., 2010). Kedua hewan tersebut sebenarnya tidak hanya memangsa ubur-ubur api, tetapi juga beberapa *Cnidarian* lainnya seperti *Veleva* dan *Porpita* (Kamalakkanan et al., 2010).



Gambar 8. Seekor ikan tertangkap oleh ubur-ubur dan dibawa ke gastrozoid untuk dicernasecara ekstraseluler (BBC Earth, 2017).



Gambar 9. *Glaucus atlanticus* sedang memangsa ubur-ubur api (Perrine, 2018).

Fakta menarik mengenai *Glaucus*, yaitu mereka mampu menyimpan nematosit ubur-ubur api di dalam tubuh mereka untuk kemudian digunakan sebagai alat pertahanan mereka sendiri (Thompson & Bennett, 1969). Saat *Glaucus* memangsa, nematosit ubur-ubur api tidak dicerna seluruhnya, tetapi ditranspor melalui sistem pencernaan ke bagian tubuh bernama *cerata* dalam kantung-kantung *cnidosacs*. Hal ini dibuktikan oleh Thompson & Bennett (1969) melalui analisis mikroskop yang menemukan bahwa terdapat knidosit berisi nematosit milik ubur-ubur api pada bagian tubuh bernama *cnidosacs* di bagian *cerata* *Glaucus*. Nematosit ini masih dapat berfungsi dengan baik dan digunakan oleh *Glaucus* sebagai alat pertahanan diri.

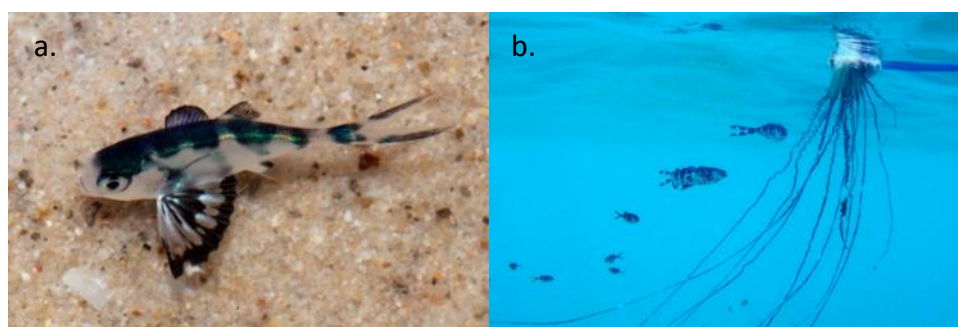
SIMBIOSIS KOMENSALISME UBUR-UBUR API

Beberapa ikan *juvenile* diketahui sering terlihat berada dekat dengan ubur-ubur api, misalnya ikan *Nomeus gronovii* (*man-of-war fish*), *Mupus maculatus* (*spotted ruff*), *Naucrates ductor* (*pilot fish*), *Macrorhamphosus scolopax* (*long snipefish*) and *Caranx bartholomaei* (*yellow jack*) (Totton, 1960; Mansueti, 1963; Maul, 1964; Jenkins, 1983; Purcell, 2001). Ikan-ikan tersebut umumnya ditemukan hanya di area *gastrozooids* atau *goonozooids*, bukan di daerah *dactylozooids*

(Maul, 1964). Ikan-ikan tersebut mendapat manfaat perlindungan dari serangan predator dengan berada di dekat tentakel ubur-ubur api. Selain itu, ikan-ikan tersebut diketahui memakan sisa-sisa makanan dan tentakel regeneratif tanpa menyakiti ubur-ubur api (Johnsen, 2001). Atas dasar tersebut, para peneliti meyakini adanya simbiosis komensalisme antara ubur-ubur api dan ikan-ikan tersebut.

HABITAT DAN SEBARAN UBUR-UBUR API

Ubur-ubur api merupakan kelompok hewan “pleustonik”, yaitu makhluk hidup yang hidup di permukaan air yang merupakan area kontak antara atmosfer dan air (Zaitsev, 1997). Menurut Araya et al., (2016), ubur-ubur api merupakan satu-satunya anggota siphonophora yang bersifat pleustonik. Sifat *pleustonic* pada ubur-ubur api didukung oleh adanya *pneumatophore* yang membuatnya mampu tetap mengapung di permukaan air. Sebagai hewan pleustonik, ubur-ubur api dihadapkan pada beberapa kondisi lingkungan yang ekstrem (*critical situation*) di permukaan laut (Zaitsev, 1997). Misalnya paparan intens sinar ultra-violet, suhu tinggi, penguapan cairan tubuh (*desiccation*), dan gelombang ombak (Zaitsev, 1997).



Gambar 10. Ikan *Nomeus gronovii* (a) (Harasti, 2020) sedang berenang di antara tentakel ubur-ubur api (b) (Nash, 2010).

Selain itu, berada di permukaan air juga membuat ubur-ubur api menjadi target yang mudah dilihat oleh predator. Walau demikian, warna ubur-ubur api yang transparan memberikan keuntungan untuk berkamuflase menyerupai warna air laut.

Ubur-ubur api merupakan hewan kosmopolit dan secara global sebarannya meliputi perairan tropis dan subtropis (Munro et al., 2019; Totton, 1960; Lane, 1960, Woodcock, 1956). Hewan tersebut biasanya ditemukan terdampar di pesisir-pesisir perairan di Samudra Atlantik, Hindia dan Pasifik, yaitu antara 55° LU hingga 40° LS. Di Samudra Pasifik, ubur-ubur api tercatat pernah ditemukan di perairan Chili bagian utara, New Zealand, Hawaii dan perairan timur Australia (Araya et al., 2016; Pontin & Cruickshank, 2012, Yanagihara et al., 2002). Untuk perairan Hindia, ubur-ubur api pernah ditemukan di Indonesia, India, Srilangka dan perairan barat Australia (Pontin & Cruickshank, 2012; Mujiono, 2009). Di Samudera Atlantik, ubur-ubur api pernah ditemukan di perairan Teluk Meksiko, Brazil, Florida, (Junior et al., 2013; Stein et al., 1989; Lane & Dodge, 1958). Menurut Haddad et al., (2002), ubur-ubur api merupakan spesies yang umum di perairan Brazil, terutama di perairan utara dan timur laut. Untuk wilayah Indonesia, data keberadaan ubur-ubur api banyak dilaporkan dalam berita jurnalistik dan didasarkan pada laporan serangan ubur-ubur api terhadap wisatawan yang sedang berlibur di pantai. Jika ditelusuri dari berita jurnalistik selama 10 tahun terakhir (2011–2020), daerah yang sering dilaporkan mendapat serangan ubur-ubur api setiap tahun adalah pesisir selatan Pulau Jawa dan pesisir barat pulau Sumatra (SAR Baron, 2019; Ridlo, 2019; Nugroho, 2019; Yuwono, 2019; Alamsyah, 2019; Nazmudin, 2019; Ridho, 2018, Yuwono,

2017, Kusuma, 2016; Aliansyah, 2015; Kusuma, 2014; Nugroho, 2014; Wicaksono, 2013; Gunawan, 2013; Widyanto, 2012; William et al., 2011). Berdasarkan berita-berita jurnalistik tersebut, ledakan populasi ubur-ubur api di pantai selatan Pulau Jawa selalu terjadi saat musim timur berlangsung, yaitu antara bulan Juni hingga September. Meski demikian, kapan tepatnya ledakan populasi ubur-ubur api terjadi tidak dapat dengan mudah diprediksi. Hal ini dikarenakan laporan saintifik mengenai data sebaran, waktu, dan frekuensi kemunculan ubur-ubur api di Indonesia masih sulit diperoleh.

PENUTUP

Ubur-ubur api yang setiap tahun ditemukan di perairan Indonesia merupakan salah satu anggota Filum Cnidaria (*Physaliidae*) yang hingga saat ini diyakini hanya ada satu jenis saja (*monotypic*) di dunia, yaitu *Physalia physalis*. Kendati demikian, sebagian peneliti menduga adanya keragaman yang tersembunyi (*cryptic diversity*) pada ubur-ubur api. Sejauh ini, informasi ilmiah mengenai ubur-ubur api di perairan Indonesia masih sulit diperoleh karena masih minimnya riset ubur-ubur api. Kondisi ini menjadi tantangan tersendiri bagi perkembangan riset ubur-ubur di Indonesia untuk merumuskan tindakan penanganan ledakan populasi ubur-ubur api yang efektif. Tantangan lain adalah bagaimana respon ubur-ubur api terhadap perubahan iklim dan dampak negatif ubur-ubur api terhadap perikanan nasional. Dengan demikian, studi ekologi dan genetika populasi ubur-ubur api di perairan Indonesia saat ini menjadi salah satu fokus studi dari Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, S. (2019, 9 Juni). 11 Pengunjung pantai di Sukabumi tersengat ubur-ubur. *Detik News*. Retrieved from <https://news.detik.com/berita/d-4579639/11-pengunjung-pantai-di-sukabumi-tersengat-ubur-ubur>
- Aliansyah, M. A. (2015, 18 Juli). Ada ubur-ubur, wisatawan diminta waspada berenang di Pantai Bantul. *Merdeka*. Retrieved from <https://www.merdeka.com/peristiwa/ada-ubur-ubur-wisatawan-diminta-waspada-berenang-di-pantai-bantul.html>
- Araya, J. F., Aliaga, J. A., & Araya, M. E. (2016). On the distribution of *Physalia physalis* (Hydrozoa: Physaliidae) in Chile. *Marine Biodiversity*, 46(3): 731–735.
- Bardi, J. & Marques, A. C. (2007). Taxonomic redescription of the Portuguese man-of-war, *Physalia physalis* (Cnidaria, Hydrozoa, Siphonophorae, Cystonectae) from Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, 97(4): 425–433.
- BBC Earth. (2017, 17 November). *The deadly tentacles of the Portuguese man o' war* | *Blue Planet II-BBC One*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=gr1ps0ooDhU&t=76s>
- Bieri, R. (1966). Feeding preferences and rates of the snail, *Ianthina prolongata*, the barnacle, *Lepas anserifera*, the nudibranchs, *Glaucus atlanticus* and *Fiona pinnata*, and the food web in the marine neuston. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 14: 161–170.
- Bingham, F. O. & Albertson, H. D. (1974). Observations on beach strandings of the *Physalia*. (Portuguese-man-of-war) community. *Veliger*, 17: 220–224.
- Bouillon, J., Gravili, C., Pagès, F., Gili, J.-M., & Boero, F. (2006). *An introduction to Hydrozoa*. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.
- Burnett, J. W., & Calton, G. J. (1976). The chemistry and toxicology of some venomous pelagic Coelenterates. *Toxicon*, 15(3): 177–176.
- Carminanda. (2019, 23 Agustus). Bahaya sengatan ubur-ubur, DKP Bengkuluimbau masyarakat tak mandi pantai. *Antara*. Retrieved from <https://bengkulu.antaranews.com/berita/76888/bahaya-sengatan-ubur-ubur-dkp-bengkulu-imbau-masyarakat-tak-mandi-pantai#>
- Clark, F. E., & Lane, C. E. (1961). Composition of float gases of *Physalia physalis*. *Exp. Biol. Med.*, 107: 673–674.
- Collins, A. G., (2002). Phylogeny of Medusozoa and the evolution of cnidarian life cycles. *Journal of Evolutionary Biology*, 15: 418–432.
- Cormier, S. M., & Hessinger, D. A. (1980). Cnidocil apparatus: sensory receptor of *Physalia* nematocytes. *Journal of Ultrastructure Research*, 72(1): 13–19.
- Cormier, S. M., & Hessinger, D. A. (1981). Cellular basis for tentacle adherence in Portuguese Man-of-War (*Physalia physalis*). *Tissue and Cell*, 12(4): 713–721.
- Dianne, J. Bray. (2020). *Nomeus gronovii* in *Fishes of Australia*, Retrieved 19 Feb 2020, from <http://136.154.202.208/home/species/2927>
- Dunn, C. W., Pugh, P. R., & Haddock, S. T. H. (2005). Molecular Phylogenetics of the Siphonophora (Cnidaria), with Implications for the Evolution of

- Functional Specialization. *Systematic Biology*, 54(6): 916–35.
- Edwards, L., Luo, E., Hall, R., Gonzalez, R. R., & Hessinger, D. A. (2000). The effect of Portuguese Man-of-war (*Physalia physalis*) venom on calcium, sodium and potassium fluxes of cultured embryonic chick heart cells. *Toxicon*, 38(3): 323–335.
- Edwards, L. P., Whitter, E., & Hessinger, D. A. (2002). Apparent membrane pore-formation by Portuguese Man-of-war (*Physalia physalis*) venom in intact cultured cells. *Toxicon*, 40(9): 1299–1305.
- Fenner, P. J., & Williamson, J. A. (1996). Worldwide deaths and severe envenomation from jellyfish stings. *Medical Journal of Australia*, 165: 658–661.
- Genzano, G. N., Schiariti, A., & Mianzan, H. W. (2014). Cnidaria. In J. A. Calcagno (Ed.) *Los Invertebrados Marinos. Fundación de historia natural Félix de Azara*. Buenos Aires: 67–85.
- Gunawan, H. (2013, 14 Agustus). Ubur-ubur beracun sengat wisatawan di Pangandaran. *Tribun news*. Retrieved from <https://www.tribunnews.com/regional/2013/08/14/ubur-ubur-beracun-sengat-wisatawan-di-pangandaran>
- Haddad, V. Jr., Da Silveira, F. L., & Morandini, A. C. (2002). A report of 49 cases of cnidarian envenoming from southeastern Brazilian coastal waters. *Toxicon*, 40(10): 1445–1450.
- Haeckel, E. (1888). Siphonophorae of the Challenger. *Rep. Sci. Results, H.M.S. Challenger, Zool*, 28: 1–380.
- Harasti, D. (2020). *Nomeus gronovii*. Retrieved from http://www.dave-harasti.com/nelsonbay/fish/Nomeus_gronovii.jpg
- Hasanah, V., Munawir, A., & Efendi, E. (2016). Pengaruh induksi racun ubur-ubur (*Physalia utriculus*) terhadap fungsi oksigenasi dari eritrosit pada mencit jantan. *Pustaka Kesehatan*, 4(1): 122–126.
- Haddad, V. Jr., da Silveria, F. L., Cardoso, J. L., & Morandini, A. C. (2002). A report of 49 cases of cnidarian envenoming from southeastern Brazilian coastal waters. *Toxicon*, 40(10): 1445–1450.
- Hastings, S. G., Larsen, J. B., & Lane, C. E. (1967). Effects of nematocyst toxin of *Physalia physalis* (Portuguese Man-of-War) on the canine cardiovascular system. *Experimental Biology and Medicine*, 125(1):41–45.
- Herring, P. J. (1971). Biliprotein coloration of *Physalia physalis*. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 39: 739–746.
- Hinde, R. T. (1998). *The cnidaria and ctenophora*. In *Invertebrate zoology*. Victoria: Oxford University Press.
- Iosilevskii, G., & Weihs, D. (2009). Hydrodynamics of sailing of the Portuguese man-of-war *Physalia physalis*. *J. Royal Soc. Interface*, 6: 613–626.
- Jenkins, R. L. (1983). Observations on the commensal relationship of *Nomeus gronovii* with *Physalia physalis*. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 1983(1): 250–252.
- Johnsen, S. (2001). Hidden in plain sight: the ecology and physiology of organismal transparency. *Biological Bulletin*, 201: 301–318.
- Jones, E. C. (1963). *Tremoctopus violaceus* uses *Physalia* tentacles as weapons. *Science*, 139: 764–766.

- Junior, H., Virga, V., Bechara, R., Silveira, F., & Morandini, A. C. (2013). An outbreak of Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*-Linnaeus, 1758) envenoming in Southeastern Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 46(5): 641–644.
- Kajfasz, P. (2015). A case of severe stinging caused by venomous marine animal, “Portuguese man of war” (*Physalia* species) in all probability. In *Marit Health*, 66(2): 84–86.
- Kamalakaran, K., Kumaran, S., Balakrishnan, S., Thenmozhi, C., Sampathkumar, P., & Balasubramanian, T. (2010). Occurrence of *Glaucus atlanticus* and *Glaucus marginata* (blue ocean slug) from Nagapattinam coastal waters, Southeast Coast of India. *International Journal of Current Research*, 5: 71–73.
- Kusuma, W. (2014, 29 Juli). Puluhan wisatawan Pantai Gunungkidul tersengat ubur-ubur. *Kompas*. Retrieved from <https://regional.kompas.com/read/2014/07/29/20515261/Puluhan.Wisatawan.Pantai.Gunungkidul.Tersengat.Ubur-ubur>
- Kusuma, W. (2016, 22 Agustus). Ubur-ubur beracun muncul, wisatawan diimbau tak berenang di pantai. *Kompas*. Retrieved from <https://regional.kompas.com/read/2016/08/22/13384581/uburubur.beracun.muncul.wisatawan.diimbau.tak.berenang.di.pantai>
- Labadie, M., Aldabe, B., Ong, N., Joncquiert-Latarjet, A., Groult, V., Poulard, A. dkk. (2012). Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*) envenomation on the Aquitaine Coast of France: An emerging health risk. *Clinical Toxicology*, 50 (7): 567–570.
- Lamarck, J. B. (1801). *Système des animaux sans vertèbres. Published by the author and Deterville*, Paris.
- Lane, C. E., & Dodge, E. (1958). The toxicity of *Physalia* nematocysts. *The Biological Bulletin*, 115(2): 219–226.
- Lane, C. E. (1960). The Portuguese man-of-war. *Science of America*, 202: 158–168.
- Larsen, J. B., & Lane, C. E. (1966). Some effects of *Physalia physalis* toxin on the cardiovascular system of the rat. *Toxicon*, 4: 199.
- Larsen, J. B., & Lane, C. E. (1968). Direct action of *P. toxin* on frog nerve and muscle. *Toxicon*, 8: 21.
- Larsen, J. B., & Lane, C. E. (1970). Some effects of *Physalla physalis* toxin on active Na⁺ transport across frog skin. *Comp. Biochem. Physiol*, 34: 333.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata [10th revised edition], 1: 824*. Laurentius Salvius: Holmiae.
- Mackie, G. O. (1960). Studies on *Physalia physalis* (L.) Part 2. Behavior and histology. *Discovery Reports*, 30: 371–407.
- Mackie, G. O., & Boag, D. A. (1963). Fishing, feeding and digestion in siphonophores. *Pubbl. Statz. Zool. Napoli*, 33: 178–96.
- Mansueti, Romeo. (1963). Symbiotic behavior between small fishes and jelly fishes, with new data on that between the stromateid, *Peprilus alepidotus*, and the scyphomedusa, *Chrysaora quinquecirrha*. *Copeia*, 1963 (1): 40–80
- Maul, G. E. (1964). Observations on young live *Mupus maculatus* (Günther) and

- Mopus ovalia* (Valenciennes). *Copeia*, 1964 (1): 93-97.
- Migotto, A. E. (2006a). Portuguese man-of-war. *Cifonauta image database*. Retrieved 6 Juni 2020 from <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/1268/>
- Migotto, A. E. (2006b). Portuguese man-of-war. *Cifonauta image database*. Retrieved 6 Juni 2020 from <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/1274/>
- Migotto, A. E. (2006c). Portuguese man-of-war. *Cifonauta image database*. Retrieved 6 Juni 2020 from <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/1260/>
- Migotto, A. E. (2006d). Portuguese man-of-war. *Cifonauta image database*. Retrieved 6 Juni 2020 from <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/1260/>
- Mujiono, N. (2009). Jellyfish sting: An Indonesian case report. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 2 (1): 1–9
- Munro, C., Vue, Z., Behringer, R. R., & Dunn, C. W. (2019). Morphology and development of the Portuguese man of war, *Physalia physalis*. *Biorxiv*, 9, (15522): 1–17.
- Nash, S. (2010, 8 April). Portuguese man o' war from below. Retrieved from <https://www.flickr.com/photos/nashworld/4526330308>
- Nazmudin, A. (2019, 7 Juni). Tersengat ubur-ubur di Pantai Bagedur Lebak, sejumlah wisatawan dilarikan ke puskesmas. *Kompas*. Retrieved from <https://regional.kompas.com/read/2019/06/07/19544991/tersengat-ubur-ubur-di-pantai-bagedur-lebak-sejumlah-wisatawan-dilarikan-ke>.
- Nugroho, N. D. (2014, 8 September). *Tempo*. Retrieved from <https://nasional.tempo.co/read/605276/kawan-ubur-ubur-serang-pengunjung-pantai-pacitan/full&view=ok>
- Nugroho, N. D. (2019, 14 Juni). Main di Pantai Pacitan, awas gelombang tinggi dan ubur-ubur api. *Tempo*. Retrieved from <https://travel.tempo.co/read/1214529/main-di-pantai-pacitan-awas-gelombang-tinggi-dan-ubur-ubur-api>
- Parker, G. H. (1932). Neuromuscular activities of the fishing filament of *Physalia*. *J. Cell. Comp. Physiol*, 1: 53.
- Perrine, D. (Photographer). (2018, 30 Agustus). *Blue dragon/blue seaslug (Glaucus atlanticus) feeding on a Portuguese man o' war (Physalia utriculus)*. Retrieved from <https://www.naturepl.com/stock-photo-nature-image01595306.html>
- Pontin, D. R., & Cruickshank, R. H. (2012). Molecular phylogenetics of the genus *Physalia* (Cnidaria: Siphonophora) in New Zealand coastal waters reveals cryptic diversity. *Hydrobiologia*, 686: 91–105.
- Purcell, J. E. (1981). Dietary composition and diel feeding patterns of epipelagic siphonophores. *Mar. Biol*, 65: 83–90.
- Purcell, J. E. (1984a). Predation on fish larvae by *Physalia physalis*, the Portuguese man of war. *Marine Ecology–Progress Series*, 19: 189–191.
- Purcell, J. E. (1984b). The functions of nematocysts in prey capture by epipelagic siphonophores (Coelenterata, Hydrozoa). *Biol. Bull.*, 166, 310–327.
- Purcell, J. E. (1985). Predation on fish eggs and larvae by pelagic cnidarians and

- ctenophores. *Bulletin of Marine Science*, 37(2): 739–755.
- Purcell, J. E., & Anderson, P. A. V. (1995). Electrical responses to water-soluble components of fish mucus recorded from the cnidocytes of a fish predator, *Physalia physalis*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 26(2–4): 149–162.
- Purcell, J. E. (2001). Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: A review. *Hydrobiologia*, 451:27–44.
- Ridlo, M. (2019, 8 Juni). Pantai Kebumen dan Cilacap diserbu ubur-ubur api. *Liputan 6*. Retrieved from <https://www.liputan6.com/regional/read/3985112/pantai-kebumen-dan-cilacap-diserbu-ubur-ubur-api>
- Ridlo, M. (2018, 2 Juni). Awas, ubur-ubur api muncul di Pantai Cilacap. *Liputan 6*. Retrieved from <https://www.liputan6.com/regional/read/3606967/awas-ubur-ubur-api-muncul-di-pantai-cilacap>
- Santhanam, R. (2020). *Biology and ecology of venomous marine Cnidarians*. Singapore: Springer.
- Schuchert, P. (2020). World Hydrozoa Database. *Physalia physalis* (Linnaeus, 1758). Retrieved 23 Mei 2020 from <http://www.marine-species.org/aphia.php?p=taxdetails&id=135479>
- Search and Rescue (SAR) BARON. (2019). Data Jumlah Korban Impes/Ubur-Ubur. Retrieved from <https://twitter.com/SARSATLINMAS/status/1212570979857076224/photo/2>
- Shier, W. T. (1980). Activation of self-destruction as a mechanism of action for cytolytic Toxins. *Natural Toxins*. Proceedings of the 6th International Symposium on Animal, Plant and Microbial Toxins, Uppsala, 193–200.
- Stein, M. R., Marraccini, J. V., Rothschild, N. E., & Burnett, J. W. (1989). Fatal portuguese man-o'-war (*Physalia physalis*) envenomation. *Annals of Emergency Medicine*, 18(3): 312–315.
- Sterrer, W. (1992). *Bermuda's marine life*. Bermuda Natural History Museum and Bermuda Zoological Society.
- Surf Life Savings Queensland. (2019). Coast Save Report 2019.
- Tamkun, M. M., & Hessinger, D. A. (1981). Isolation and partial characterization of a hemolytic and toxic protein from the nematocyst venom of the Portuguese man-of-war, *Physalia physalis*. *Biochimica et Biophysica Acta* (BBA. Protein Structure), 667(1): 87–98.
- Thompson, T. E., & Bennett, I. (1969). *Physalia Nematocysts: Utilized by Mollusks for Defense*. *Science*, 166 (3912): 1532–1533.
- Totton, A. K. (1960). Studies on *Physalia physalis* (L.). Part 1. Natural history and morphology. *Discovery Reports* 30: 301–368.
- Towle. (2008, 4 Februari). *Portuguese man o' war*. Retrieved from <https://www.flickr.com/photos/motherscratcher/248326920/>
- Wicaksono, P. (2013, 11 Agustus). 300 wisatawan Parangtritis disengat ubur-ubur. *Tempo*. Retrieved from <https://nasional.tempo.co/read/503661/300-wisatawan-parangtritis-disengat-ubur-ubur/full&view=ok>
- Widyanto, E. (2012, 23 Agustus). Hati-hati berlibur di pantai, ada ubur-ubur menyerang. *Republika*. Retrieved from <https://republika.co.id/berita/m95hpx/hatihat-berlibur-di-pantai-ada-uburubur-menyerang>

- William, A., Wicaksono, P., & Ishomuddin (2011, 7 Juli). Teror ubur-ubur di Pantai Selatan Jawa. *Tempo*. Retrieved from <https://tekno.tempo.co/read/345352/teror-ubur-ubur-di-pantai-selatan-jawa/full&view=ok>
- Wilson, D. P. (1947). The Portuguese Man-of-War, *Physalia physalis* L., in British and adjacent seas. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K*, 27: 139–172.
- Wittenberg, J. B. (1960). The source of carbon monoxide in the float of the Portuguese man-of-war, *Physalia physalis* L. *Journal of Experimental Biology*, 37(698–705).
- Woodcock, A. H. (1956). Dimorphism in the Portuguese man of war. *Nature*, 178: 253–255.
- World Register of Marine Species (2020). *Physalia physalis* (Linnaeus, 1758). Retrieved from <http://www.marine-species.org/aphia.php?p=taxdetails&id=135479>
- Yanagihara, A. A., Kuroiwa, J. M. Y., Oliver, L., & Kunkel, D. D. (2002). The ultrastructure of nematocysts from the fishing tentacle of the Hawaiian bluebottle, *Physalia utriculus* (Cnidaria, Hydrozoa, Siphonophora). *Hydrobiologia*, 489: 139–150.
- Yanuar, Y. (2019, 6 Oktober). Pantai Pariaman diserbu ubur-ubur bluebottle, biasanya berbahaya. *Tempo*. Retrieved from <https://tekno.tempo.co/read/1256381/pantai-pariaman-diserbu-ubur-ubur-bluebottle-bisanya-berbahaya>
- Yuwono, M. (2019, 3 Juni). 85 wisatawan tersengat ubur-ubur di Pantai Yogyakarta. *Kompas*. Retrieved from <https://yogyakarta.kompas.com/read/2019/06/03/21082571/85-wisatawan-tersengat-ubur-ubur-di-pantai-yogyakarta>.
- Yuwono, M. (2017, 14 Agustus). Ubur-ubur sengat belasan wisatawan. *Kompas*. Retrieved from <https://regional.kompas.com/read/2017/08/14/05400051/ubur-ubur-sengat-belasan-wisatawan>
- Zaitsev, Y. (1997). Neuston of seas and oceans. In P. S. Liss & R. A. Duce (Ed.), *The Sea Surface and Global Change*, Cambridge University Press, Cambridge: 371–382.