

TINJAUAN PUSTAKA : SENGATAN UBUR-UBUR

Gina Aulia Azizaturrahmah^{1*}, Syihabul Muttaqin²

Program Studi S1 Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia^{1,2}

*Corresponding Author : gnaulia3@gmail.com

ABSTRAK

Sengatan ubur-ubur merupakan kasus tahunan di Indonesia, dimana setiap tahun hampir selalu ada laporan kasus sengatan terhadap pengunjung pantai di berbagai daerah. Sengatan yang dilaporkan memiliki luaran yang bervariasi, sebagian besar pasien selamat berkat penanganan yang cepat dan adekuat oleh petugas pantai, namun terdapat juga laporan sengatan ubur-ubur yang menyebabkan korban harus mendapat perawatan intensif di ICU. Pengetahuan umum mengenai morfologi ubur-ubur, tindakan pencegahan dan penanganan sengatan sangat baik jika dikuasai oleh masyarakat, sehingga dapat mencegah kejadian parah akibat sengatan ubur-ubur. Artikel ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi mengenai sengatan ubur-ubur, seperti klasifikasi ubur-ubur yang berpotensi menimbulkan sengatan di daerah perairan Indonesia, manifestasi klinis yang mungkin muncul, dan terutama tatalaksana yang dapat dilakukan pada kasus sengatan ubur-ubur. Penelitian ini berjenis tinjauan pustaka naratif, dengan analisa deskriptif untuk menghimpun, menganalisa, dan menyusun data dari literatur yang digunakan sebagai referensi. Lokasi penelitian tidak ditetapkan secara spesifik, namun literatur yang menggunakan lokasi di perairan Indo Pasifik diutamakan untuk digunakan sebagai referensi. Literatur didapatkan dari database elektronik seperti PubMed, Google Scholar, Nature, PMC, MDPI, Wiley, dan ScienceDirect. Pencarian dilakukan dengan kata kunci "jellyfish envenomation", "jellyfish sting", "physalia physalis", "jellyfish toxin", "clinical manifestation of jellyfish sting" dan "treatment of jellyfish sting". Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat variasi dan perbedaan efek tatalaksana pada jenis-jenis ubur ubur. Secara umum tatalaksana pada sengatan ubur-ubur dapat dilakukan dengan mengamankan tanda vital korban, menyingkirkan nematosit dan tentakel yang melekat, melakukan pembilasan dengan air laut, melakukan kompres air hangat, dan pemberian obat-obatan.

Kata kunci : musiman, pantai, sengatan, tatalaksana, ubur-ubur

ABSTRACT

Jellyfish stings are an annual occurrence in Indonesia, where reports of stings affecting beach visitors in various regions are almost always documented every year. The reported stings have varying outcomes; most patients survive due to prompt and adequate treatment by beach staff, however, there are also reports of jellyfish stings that necessitate intensive care in the ICU. It is crucial for the public to have a solid understanding of jellyfish morphology, preventive measures, and treatment for stings, as this knowledge can help prevent severe incidents resulting from jellyfish stings. This article is intended to provide information on jellyfish stings, including the classification of jellyfish that may cause stings in Indonesian waters, the possible clinical manifestations that may arise, and particularly the management that can be implemented in cases of jellyfish stings. This research is of a narrative literature review type, with descriptive analysis aimed at collecting, analyzing, and organizing data from the literature used as references. The research location is not specifically determined; however, literature focusing on the Indo-Pacific waters is prioritized for use as references. The literature was obtained from electronic databases such as PubMed, Google Scholar, Nature, PMC, MDPI, Wiley, and ScienceDirect. The search was conducted using keywords such as "jellyfish envenomation," "jellyfish sting," "physalia physalis," "jellyfish toxin," "clinical manifestation of jellyfish sting," and "treatment of jellyfish sting." The results of this study indicate that there are variations and differences in the management effects among different types of jellyfish. In general, the management of jellyfish stings can be carried out by securing the victim's vital signs, removing adhered nematocysts and tentacles, rinsing with seawater, applying warm compresses, and administering medications.

Keywords : seasonal, beach, sting, management, jellyfish

PENDAHULUAN

Secara geografis, posisi NKRI diapit oleh 2 samudera, yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. NKRI sendiri merupakan negara kepulauan dengan total jumlah pulau sebanyak 17.504 yang terdiri dari pulau besar maupun pulau kecil. Banyaknya jumlah pulau tersebut berbanding lurus dengan panjangnya garis pantai NKRI, yang secara total merupakan negara kedua dengan garis pantai terpanjang di dunia setelah Kanada, yakni dengan panjang total mencapai lebih dari 81.290 km (ESDM, 2009). Hal ini menjadi anugerah bagi NKRI karena menambah daya tarik dalam bidang pariwisata. Namun anugerah tersebut bukan berarti bebas risiko, panjangnya garis pantai dan status Indonesia sebagai negara kepulauan yang diapit 2 samudera meningkatkan risiko serangan hewan ubur-ubur kepada pengunjung pantai dan aktivis laut. Dalam beberapa waktu belakangan ini, tercatat beberapa media di NKRI melaporkan serangan sengatan ubur-ubur terhadap manusia maupun kemunculan ubur-ubur dalam jumlah besar di beberapa pantai di NKRI.

Pada Juli 2023, melalui kanal YouTube media TV One melaporkan kemunculan puluhan ubur-ubur di Pantai Parangtritis, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada tanggal 16 Juni 2024, TimesIndonesia melalui media sosial Facebook melaporkan serangan sengatan ubur-ubur pada wisatawan di Pantai Sepanjang, Daerah Istimewa Yogyakarta. Total sebanyak 5 wisatawan tersengat dalam serangan tersebut dan telah ditangani oleh tim penjaga pantai. Pada 22 Juli 2024, Kompas TV melalui media sosial YouTube melaporkan serangan sengatan ubur-ubur terhadap lebih dari 3 anak-anak yang sedang bermain di Pantai Teluk Penyu, Jawa Tengah. Pada periode waktu 26 hingga 27 Agustus, Kompas TV melaporkan serangan sengatan ubur-ubur kepada 8 orang wisatawan di Pantai Bengkulu yang menyebabkan 1 orang wisatawan harus dirawat di *Intensive Care Unit* (Kompas TV, 2024).

Berdasar morfologi ubur-ubur yang muncul dan menyebabkan sengatan pada korban, sebagian besar ubur-ubur dilaporkan berbentuk kecil dengan warna biru transparan. Deskripsi morfologi ini dan foto yang dilampirkan media pelapor cocok dengan ciri-ciri ubur-ubur dari kelas Hydrozoa, dari genus *Physalia* yang memiliki 2 spesies yang umum diketahui, yaitu *Physalia physalis* atau *Portuguese Man-O-War* dan *Physalia utriculus* atau umum dikenal dengan nama ubur-ubur *blue bottle* (Tibballs et al., 2011). Di Indonesia ubur-ubur ini umum dikenal dengan nama Empis. Fenomena serangan ini senada dengan yang dilaporkan oleh Mujiono dalam artikel laporan kasusnya. Mujiono melaporkan 13 kasus serangan ubur-ubur pada berbagai daerah dalam rentang waktu tahun 2005 hingga tahun 2009. Dalam laporan tersebut 10 kasus serangan diketahui diakibatkan oleh ubur-ubur dari kelas Hydrozoa (Mujiono, 2010).

Warna dan ukuran ubur-ubur kelas ini membuat korban yang berada di perairan sulit menyadari keberadaan ubur-ubur dan menghindarinya. Sebagian besar korban sengatan dilaporkan mengeluhkan rasa nyeri dan gatal pada area sengatan, yang tidak memburuk berkat penanganan yang cepat dan adekuat dari tim penjaga pantai. Salah satu korban mengalami gejala berat seperti sesak nafas yang menyebabkan diperlukannya perawatan secara intensif pada ICU. Dalam laporan-laporan media tersebut disebutkan bahwa kemunculan ubur-ubur dalam jumlah besar rutin terjadi secara tahunan pada periode perpindahan musim hujan ke musim kemarau, yakni dalam rentang bulan Juni hingga September. *Physalia physalis* sendiri merupakan ubur-ubur yang umum diketahui sebagai jenis ubur-ubur yang paling banyak menimbulkan sengatan pada manusia dan memiliki habitat di samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Selain *Physalia physalis*, Samudera Hindia dan Pasifik juga menjadi habitat dari beberapa jenis ubur-ubur lain seperti *Chironex fleckeri*, *Chironex yamaguchii*, *Linuche aquila*, dan *Carybdea* (Peng et al., 2024). Artikel penelitian ini berjenis tinjauan pustaka naratif, dengan tujuan untuk memberikan gambaran mengenai sengatan ubur-ubur, manifestasi klinis, dan tatalaksananya berdasarkan literatur yang digunakan dalam penelitian ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain pendekatan naratif dengan analisis deskriptif untuk menganalisa dan menyusun informasi dari literatur yang digunakan. Lokasi penelitian tidak ditetapkan secara spesifik karena data penelitian ini berbasis literatur, fokus ideal ditetapkan pada wilayah perairan Indo Pasifik untuk mendukung kebermanfaatan artikel ini. Literatur didapatkan dari beberapa database elektronik seperti seperti PubMed, Google Scholar, Nature, PMC, MDPI, Wiley, dan ScienceDirect. Pencarian dilakukan dengan kata kunci “jellyfish envenomation”, “jellyfish sting”, “physalia physalis” , “jellyfish toxin”, “clinical manifestastation of jellyfish sting” dan “treatment of jellyfish sting”. Data dari literatur yang dipilih kemudian dianalisa dengan dikategorikan terlebih dahulu sesuai tema utama penelitian ini, yaitu klasifikasi, mekanisme sengatan, manifestasi klinis, dan tatalaksana sengatan ubur-ubur. Uji etik tidak dilakukan karena penelitian ini merupakan tinjauan pustaka dan tidak menggunakan manusia sebagai subjek penelitian.

HASIL

Tabel 1. Identitas Artikel dan Kutipan Mengenai Tatalaksana Sengatan Ubur-Ubur

No	Penulis	Judul Artikel	Jurnal	Tahun	Kutipan
1	Alessia Remigante, Roberta Costa, Rossana Morabito, Angela Marino Ide, Silvia Dossena.	Impact of Scyphozoan Venoms on Human Health and Current First Aid Options for Stings	Toxins	2018	Tindakan pencegahan sengatan ubur-ubur antara lain dapat dilakukan dengan penutupan pantai atau pembatasan aktivitas di perairan ketika terdapat gelombang ubur-ubur di area tersebut, pemasangan jaring di perairan untuk mencegah ubur-ubur sampai ke area yang ramai diisi oleh warga dan wisatawan, dan pemasangan tanda peringatan bahaya serangan ubur-ubur
2	Alessia Remigante, Roberta Costa, Rossana Morabito, Angela Marino Ide, Silvia Dossena.	Impact of Scyphozoan Venoms on Human Health and Current First Aid Options for Stings	Toxins	2018	Nematosit dan tentakel ubur-ubur yang menancap di kulit korban harus segera dicabut dan disingkirkan untuk mencegah lebih banyaknya racun yang masuk ke dalam tubuh korban. Forsep dan alat sejenisnya direkomendasikan untuk digunakan dalam mencabut nematosit dan tentakel ketimbang menggunakan tangan kosong secara langsung
3	Alexa Boer Kimball, Karina Zuelma Arambula, Arlen Ray Stauffer, Valeh Levy, Valerie Weaver Davis, Michael Liu,	Efficacy of a Jellyfish Sting Inhibitor in Preventing Jellyfish Stings in Normal Volunteers	Wilderness and Environmental Medicine	2004	Krim yang mengandung octyl methoxycinnamate dan zink oksida dapat digunakan untuk menangkal ubur-ubur

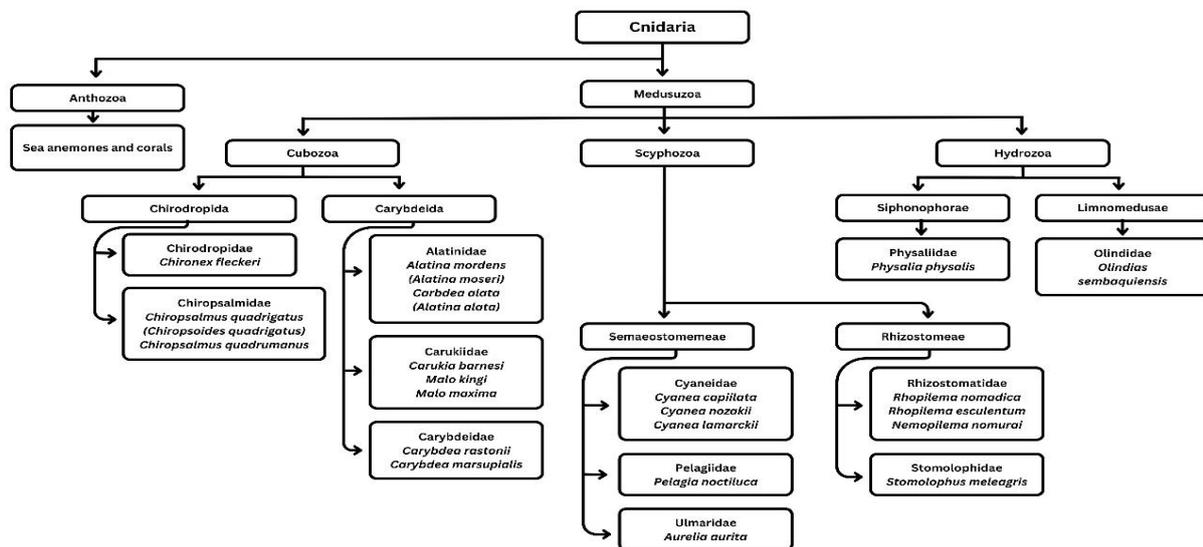
	Wingfield Ellis Rehmus, Amit Lotan, Paul S Auerbach.					
4	Angel Yanagihara, Christie Wilcox	Cubozoan Sting-Site Seawater Rinse, Scraping, and Ice Can Increase Venom Load: Upending Current First Aid Recommendations	Toxins	2017	Menggores area yang tersengat dengan benda seperti kartu atau pisau tidak direkomendasikan karena terbukti merugikan pada kasus sengatan oleh Cubozoa	
5	Montgomery	To Pee , or Not to Pee : A Review on Envenomation and Treatment in European Jellyfish Species	Marine Drugs	2016	menyebabkan pemasangan perban tidak direkomendasikan.	
6	Xiao Peng, Ke-tong Liu, Jing-bo Chen, Ming-ke Wang.	Jellyfish Stings : A Review of Skin Symptoms, Pathophysiology, and Management	Medical Science Monitor	2024	Cara lain untuk mempermudah menyingkirkan nematosit dan tentakel adalah dengan menaburkan area tersengat dengan pasir kemudian disingkirkan dengan diusap secara perlahan, namun manfaat metode ini tidak didukung dengan bukti yang cukup	
7	Luca Cegolon, William C Heymann, John H Lange, Giuseppe Mastrangelo.	Jellyfish Stings and Their Management : A Review	Marine Drugs	2013	Penggunaan air laut sebagai cairan pembilas telah terbukti membantu proses penyingkiran tentakel, pengurangan rasa nyeri, dan mencegah pelepasan racun lanjutan	
8	Thomas K Doyle, Jasmine L Headlam, Christie L Wilcox, Angel A Yanagihara.	Evaluation of <i>Cyanea capillata</i> Sting Management Protocols Using Ex Vivo and In Vitro Envenomation Models	Toxins	2017	Air laut dapat meningkatkan penghantaran racun secara signifikan dan penggunaannya pada sengatan oleh ubur-ubur jenis surai singa atau <i>Cyanea capillata</i> harus dihentikan.	
9	Thomas K Doyle, Jasmine L Headlam, Christie L Wilcox, Angel A Yanagihara.	Evaluation of <i>Cyanea capillata</i> Sting Management Protocols Using Ex Vivo and In Vitro Envenomation Models	Toxins	2017	Cuka secara signifikan menurunkan aktivitas fungsional racun dari <i>Cyanea capillata</i>	
10	Peter J Fenner, John C Hadok.	Fatal envenomation by jellyfish causing Irukandji syndrome	Wiley	2002	Cuka efektif menghambat pelepasan tubulus pada beberapa spesies ubur-ubur termasuk <i>Chironex fleckeri</i> , <i>Carybdea rastoni</i> , dan <i>Carukia Barnesi</i>	
11	Hermes Mianzan, Paul Cornelius Fenner,	Vinegar As a Disarming Agent to Prevent Further Discharge of the Nematocysts of the	Cutis	2001	Asam asetat murni dengan konsentrasi 99% dapat menginduksi pelepasan tubulus, namun asam asetat	

	Fernando Ramirez.	Stinging Hydromedusa Olindias sambaquiensis			dengan dosis yang lebih rendah (dibawah 10%) efektif menekan pelepasan tubulus.
12	Luca Cegolon, William C Heymann, John H Lange, Giuseppe Mastrangelo.	Jellyfish Stings and Their Management : A Review	Marine Drugs	2013	Cuka tidak boleh digunakan pada sengatan <i>Cyanea capillata</i> dan ubur-ubur lain dari kelas <i>Scyphozoa</i> karena dilaporkan memperburuk nyeri dan meningkatkan pelepasan racun dari nematosit
13	Laura M Birsa, Peter G Verity, Richard F Lee.	Comparative Biochemistry and Physiology , Part C Evaluation of the effects of various chemicals on discharge of and pain caused by jelly fish nematocysts	Comparative Biochemistry and Physiology, Part C	2010	Penggunaan asam asetat sebagai cairan pembilas sengatan oleh <i>Physalia physalis</i> dan <i>Chrysaora quinquecirrha</i> dilaporkan mengakibatkan pelepasan tubulus secara segera dan dalam jumlah yang banyak
14	James Tibballs	Australian venomous jellyfish , envenomation syndromes , toxins and therapy	Toxicon	2006	Penggunaan urin atau cairan lain yang mengandung amonia sebagai cairan pembilas tidak bermanfaat
15	Montgomery	To Pee , or Not to Pee : A Review on Envenomation and Treatment in European Jellyfish Species	Marine Drugs	2016	Pemberian saleratus (Sodium bikarbonat atau kalium bikarbonat) dilaporkan terbukti efektif dalam menonaktifkan nematosit ubur-ubur, menghambat pelepasan racun, dan meringankan eritema
16	Xiao Peng, Ke-tong Liu, Jing-bo Chen, Ming-ke Wang.	Jellyfish Stings : A Review of Skin Symptoms, Pathophysiology, and Management	Medical Science Monitor	2024	Beberapa senyawa yang harus dijauhkan dari tubuh korban karena dapat menginduksi proses tersebut. senyawa tersebut antara lain amonia, barium klorida, pemutih, minuman karbonat, jus lemon, dan sodium klorida. penggunaan air tawar untuk membilas luka sengatan tidak direkomendasikan karena air tawar memiliki tekanan osmotik yang rendah
17	RG McGee, Webster AC, Lewis SR, M Welsford.	Interventions for the symptoms and signs resulting from jellyfish stings (Review)	Wiley	2023	Kompres air hangat mengurangi nyeri lebih baik dibanding kompres air dingin
18	Angel Yanagihara,	Cubozoan Sting-Site Seawater Rinse, Scraping, and Ice Can	Toxins	2017	Pemberian lidokain hidroklorida 10% dan 15% dilaporkan dapat mereduksi

	Christie Wilcox	Increase Venom Load: Upending Current First Aid Recommendations				nyeri akibat sengatan <i>Chiropsalmus quadrumanus</i> dan <i>Chrysaora quinquecirrha</i>
19	Angel Yanagihara, Christie Wilcox	Cubozoan Sting-Site Seawater Rinse, Scraping, and Ice Can Increase Venom Load: Upending Current First Aid Recommendations	Toxins	2017		Pemberian zinc dan tembaga glukonat dapat menghambat efluks kalium dari sel darah merah dan manjur mengurangi nyeri
20	Michael Corkeron	Magnesium Infusion to Treat Irukandji Syndrome	The Medical Journal of Australia	2003		Pemberian Magnesium (MgSO4 atau MgCl2) secara intravena direkomendasikan pada kasus sindrom irukandji
21	Manuela Loredana Asztalos, Adam I Rubin, Rosalie Elenitsas, Caroline Groft Macfarlane, Leslie Castello-Soccio.	Recurrent Dermatitis and Dermal Hypersensitivity Following a Jellyfish Sting : A Case Report and Review of Literature	Wiley Periodicals	2014		Pada pasien dengan reaksi dermal tertunda dan rekuren, pemberian cetirizin oral selama 3 minggu diikuti dengan pemberian tacrolimus selama 4 minggu, jika rekuren dapat diberikan injeksi triamcinolone acetone

PEMBAHASAN

Definisi & Klasifikasi Ubur-Ubur



Gambar 1. Anggota Filum Cnidaria, Diadaptasi Dari Bagan Dalam Artikel “*Toxicon Bioactive Toxins From Stinging Jelly Fish*” (Badre, 2014)

Ubur-ubur merupakan istilah yang merujuk pada salah satu siklus hidup anggota filum Cnidaria, yaitu ketika berbentuk medusa bergelatin yang mengambang bebas. Filum Cnidaria sendiri terdiri dari beberapa kelas, yaitu kelas Hydrozoa, Kelas Scyphozoa atau yang umumnya dikenal dengan istilah ubur-ubur sejati, Kelas Cubozoa yang salah satunya terdiri dari beberapa jenis ubur-ubur kotak, dan Kelas Anthozoa yang salah satu jenis nya adalah anemon laut dan

korall (Schnitzler, 2019). Secara ringkas anggota dari filum cnidaria disajikan oleh gambar 1 di bawah ini.

Kelas Cubozoa

Anggota dari kelas ini dikenal dengan nama ubur-ubur kotak yang terdiri dari 2 ordo, yaitu *Chirodropidae* dan *Carybdeida* (Bentlage et al., 2010). ciri khas dari kelas ini adalah ukurannya yang relatif besar, dengan berat hingga hitungan kilogram, memiliki tentakel yang dapat mencapai hingga bentangan 48,2 meter dengan lebar 5 mm (Tibballs et al., 2011). Sengatan oleh ubur-ubur dari kelas ini menyebabkan rasa nyeri yang sangat parah dan menyebabkan kematian pada beberapa kasus (Tibballs, 2006) yang dihubungkan dengan kolapsnya sistem kardiovaskular pada korban (Winkel et al., 2005). kandungan toksin di ubur-ubur kelas ini masih belum diketahui seluruhnya. Dua toksin protein dengan masing-masing berat molekul 43 kDA dan 45 kDA ditemukan terkandung pada ubur-ubur kelas ini (Brinkman & Burnell, 2007), 2 toksin ini memiliki homologi yang tinggi dengan protein toksin yang ditemukan pada ubur-ubur anggota kelas ini, seperti *Chironex yamaguchii*, *Carybdea arborifera*, dan *Carybdea alata* (Tibballs et al., 2011).



Gambar 2. Foto Ubur-Ubur Kelas Cubozoa, dari kiri ke kanan adalah *Chironex fleckeri*, *Chiropsalmus*, *Carybdea rastoni*, dan *Carukia barnesi* (Tibballs, 2006).

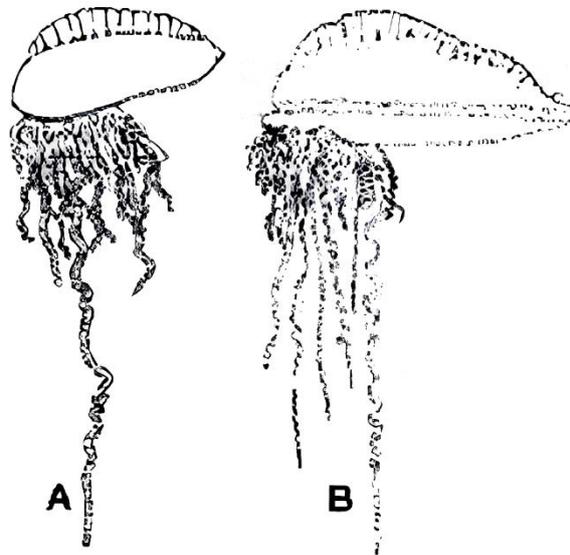
Kelas Scyphozoa

Anggota kelas ini lazim dikenal dengan istilah ubur-ubur sejati. salah satu ubur-ubur kelas ini yang terkenal adalah *Pelagia noctiluca* atau yang lazim dikenal dengan nama *the little mauve stinger* sesuai dengan warna ungu yang dimilikinya. Sengatannya menimbulkan rasa nyeri dan meninggalkan lesi khas berbentuk cambuk. Tidak ada laporan kematian akibat sengatan *Pelagia noctiluca*, namun terdapat laporan kejadian anafilaksis pada korban yang mengalami sengatan dari anggota kelas Scyphozoa yang lain, yaitu *Chrysaora quinquecirrha*. Korban diduga sebelumnya pernah tersengat oleh *Pelagia* sehingga sistem imun tubuhnya mengembangkan IgE untuk antigen *Pelagia*, yang juga terdapat di tubulus dan toksin *Chrysaora*. Hal ini menyebabkan basofil korban segera melepaskan histamine saat terpapar venom dari *Chrysaora*. (Tibballs et al., 2011). Fenomena ini menggambarkan kecenderungan terjadinya reaksi silang sistem imun pada sengatan ubur-ubur dari spesies yang berbeda (Månsson et al., 1985).

Kelas Hydrozoa

Physalia merupakan salah satu ubur-ubur yang terdapat di kelas ini. Terdapat dua spesies physalia yang sangat terkenal, yaitu *physalia physalis* atau lazim dikenal dengan ubur-ubur *Portuguese man o war* dan *Physalia utriculus* yang lazim dikenal dengan ubur-ubur *blue bottle*. Kedua ubur-ubur ini memiliki karakteristik berwarna biru cerah dan meskipun medulanya yang mengambang mudah dilihat namun tentakelnya yang terletak hingga beberapa meter di dalam air menjadi ancaman bagi perenang yang tidak waspada (Tibballs et al., 2011). panjang tentakel

tersebut pada *Physalia* dewasa dapat mencapai hingga 100 kaki atau kurang lebih 30,48 meter (Lane, 1960).



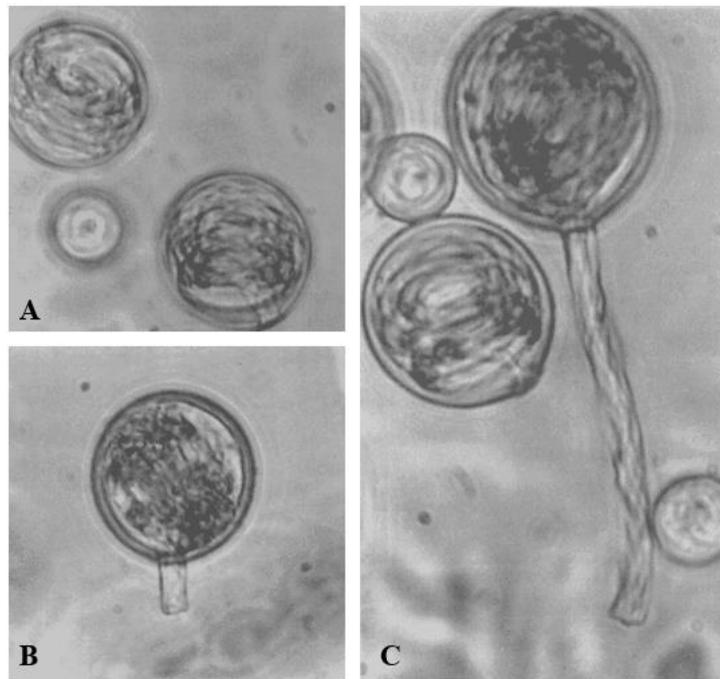
Gambar 3 Ilustrasi *Physalia utriculus* (A) dan *Physalia Physalis* (B) (Mujiono, 2010).

Dalam laporan serangan ubur-ubur di Indonesia selama satu tahun kebelakang yang disebutkan di awal artikel ini, sebagian besar ubur-ubur diperkirakan berasal dari klade *Physalia*. Ubur-ubur ini memiliki karakteristik morfologi yang unik, dengan kantong besar di bagian atas dan tentakel di bagian bawah seperti pada gambar 3. Kantong besar berisi udara di bagian atas memiliki nama pneumatofora yang berisi gas karbon monoksida dan memiliki fungsi sebagai “layar kapal” yang menangkap angin dan memanfaatkannya sebagai mode mobilitas hingga ke ribuan mil jauhnya. Kombinasi antara kemampuan mobilitas yang tinggi, siklus hidup musiman, dan sengatan beracun menimbulkan kejadian terdamparnya ubur-ubur ini dalam jumlah besar di berbagai wilayah pantai yang berimbas kepada kasus kejadian sengatan pada manusia (Munro et al., 2019) seperti yang dilaporkan terjadi di beberapa pantai di Indonesia.

Secara umum, nematosit (sel penyengat) pada *Physalia* terbagi menjadi 2 ukuran. Nemosit yang lebih kecil memiliki diameter sekitar 9 mikron, sedangkan yang lebih besar diperkirakan memiliki diameter hingga 27 mikron atau 3 kali lebih besar dari ukuran pertama. Nemosit tersebar di seluruh tentakel ubur-ubur. Nemosit besar mengisi seluruh permukaan tentakel dan nematosit kecil mengisi ruang yang terdapat diantara nematosit besar tersebut. setiap nematosit sendiri berada dalam sel berkapsul bernama cnidosit, yang memproduksi nematosit di dalamnya. Cnidosit memiliki bagian pemicu bernama cnidocil yang menonjol beberapa mikron ke lingkungan luar. Cnidocil akan terpicu jika mengalami kontak dengan bagian tubuh mangsa, yang kemudian memicu respon sengatan. Dalam sengatan ubur-ubur, nematosit akan menembakkan benang berongga (tubulus) ke arah mangsa dan menghantarkan toksin yang dikandung dalam kapsul cnidocit (Lane, 1960).

Terdapat beberapa bukti bahwa sengatan oleh ubur-ubur jenis ini pada manusia dapat menyebabkan reaksi hipersensitivitas tipe segera dan tipe tertunda. Studi lain menunjukkan bahwa dari 66 pasien yang mengalami sengatan baik oleh *Physalia physalis* maupun *Chrysaora quinquecirrha*, ditemukan sistem imun pada mayoritas pasien telah mengembangkan antibodi Ig G, beberapa ditemukan mengembangkan antibodi Ig E terhadap toksin dari 2 ubur-ubur tersebut, dan pada beberapa pasien ditemukan antibodi yang bereaksi silang terhadap toksin

dari kedua ubur-ubur ini (Russo et al., 1983). Hal ini mungkin terjadi ketika terdapat antigen yang serupa di tubulus dan venom dari kedua ubur-ubur yang berbeda spesiesnya (Tibballs et al., 2011)



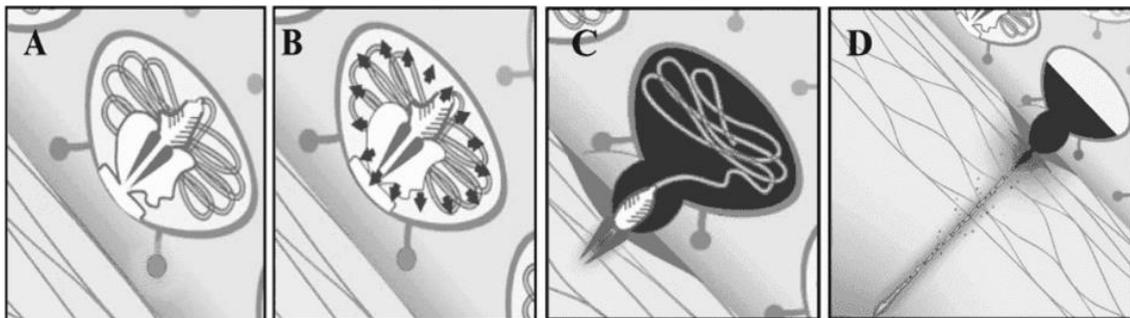
Gambar 4 Nematosit yang belum melepaskan isinya (A), Dalam fase awal pelepasan (B), dan telah melepaskan kontennya (C) (Lane, 1960)

Mekanisme Sengatan Ubur-Ubur

Filum Cnidaria memiliki ciri khas berupa keberadaan cnidae atau cnidosit, sebuah organel yang sangat khusus dan eksplosif yang dihasilkan oleh badan golgi dan terdiri dari kapsul yang dindingnya terbuat dari kolagen. Cnidosit memproduksi sel penetrasi bernama nematoblast, setiap nematoblast mensintesis nematosit tunggal yang mengandung mengandung benang berongga yang berbentuk seperti tombak, berduri, berdiameter 1 mikron, dan memiliki panjang sekitar 200 hingga 800 mikron. Benang ini tersusun melingkar hingga sangat padat dan bertindak sebagai tombak yang memungkinkan penyaluran toksin yang berada dalam kapsul ke tubuh korban disengat (Tibballs et al., 2011).

Proses sengatan ubur-ubur termasuk sebagai salah satu kejadian mekanis tercepat yang ditemukan di alam. Pada gambar 5 di bawah ini di ilustrasikan mekanisme sengatan dari ubur-ubur. Sengatan Cnidaria diawali ketika ketika terdapat kontak antara cnidocil dengan permukaan kulit manusia atau mangsa (A), kontak tersebut memicu peningkatan tekanan hidrostatik di dalam kapsul sel penyengat yang mengandung tombak melingkar yang terlipat sangat padat (B). Peningkatan tekanan di dalam kapsul dapat mencapai hingga 150 atm sehingga menyebabkan kapsul terbuka dan melepaskan benang tombak di dalamnya (C). Tombak ini meluncur dengan akselerasi hingga 40.000 kali gaya gravitasi sehingga memungkinkan untuk menembus kulit manusia (D). Racun yang terkandung di dalam kapsul akan masuk ke dalam kulit yang terpenetrasi dalam hitungan sepersekian detik (Kimball et al., 2004). Ribuan benang tubulus yang menghantarkan toksin ubur-ubur akan tertancap di epidermis dan dermis yang tersengat. Sebuah studi melaporkan bahwa benang tubulus dari nematosit *Physalia* dapat menembus sarung tangan bedah (Lane, 1960). Kombinasi antara penusukan dan toksin dengan cepat akan melumpuhkan dan membunuh mangsa yang tersengat, pada manusia toksin dapat menyebabkan gejala lokal, sistemik, dan reaksi imun.

Gejala yang cepat dapat terjadi pada manusia akibat toksin yang masuk ke pembuluh darah kapiler pada kasus sengatan oleh spesies yang memiliki ukuran benang tubulus panjang. (Tibballs et al., 2011)



Gambar 5. Mekanisme Sengatan Ubur-Ubur (Kimball et al., 2004)

Jumlah nematosit yang terlibat dengan sengatan sangat dipengaruhi oleh ukuran kontak yang terjadi antara tentakel ubur-ubur dengan mangsa. kontak antara seekor kopepoda dengan tentakel Physalia dapat memicu pelepasan 20 hingga 50 nematosit, pada kontak dengan ikan jumlah nematosit yang terlepas dapat mencapai ratusan hingga ribuan. gerakan perlawanan dari tubuh korban sengatan dapat memicu peningkatan nematosit lain (Lane, 1960).

Reaksi imun oleh tubuh manusia selain dipicu oleh toksin ubur-ubur yang masuk, dapat juga dipicu oleh struktur penyusun benang tubulus yang menusuk kulit. sebuah studi mempostulatkan bahwa kandungan kolagen mini kuno, glikoprotein, dan polisakarida yang terdapat pada benang tubulus secara terpisah dapat memicu respon antigen, alergi dan sistem imun (Ozbek et al., 2009). studi lain menunjukkan bahwa kolagen yang di ekstraksikan dari bagian payung ubur-ubur *Nemopilema nomurai* memicu peningkatan produksi IgM, IgG, Interferon, dan *Tumour Necrosis Factor* oleh limfosit (Tibballs et al., 2011). Efek langsung terhadap kulit manusia dari toksin ubur-ubur yang dimurnikan masih sedikit diketahui. Diasumsikan bahwa reaksi imun yang terjadi akibat toksin tersebut sama halnya dengan reaksi imun terhadap alergen atau antigen, dengan melibatkan keratinosit, makrofag jaringan, sel dendritik, dan sel mast sebagai agen mediator utama. Keratinosit memiliki peran sebagai pelindung utama terhadap serangan fisik terhadap kulit, selain itu keratinosit juga berperan dalam melepaskan limfosit stromal timus yang kemudian mengaktifasi sel T untuk memproduksi sitokin yang diketahui berperan besar dalam timbulnya dermatitis alergi. Sel dendritik berperan penting dalam menginisiasi respon imun, yaitu dengan menangkap dan mempresentasikan antigen kepada sel T atau dengan bermigrasi ke nodus limfatikus regional dan memicu reaksi hipersensitivitas. Sel Mast berperan sebagai penggerak inflamasi yang kuat dengan melepaskan amin biogenik seperti histamin dan substansi lain seperti faktor pengaktifasi platelet, prostaglandin, leukotrien, protease, dan sitokin. (Tibballs et al., 2011)

Manifestasi Klinis

Manifestasi klinis yang muncul akibat sengatan ubur-ubur dapat bervariasi tergantung dari jenis ubur-ubur penyengat. Secara umum, manifestasi klinis awal yang muncul berupa sensasi tertusuk yang diikuti pembengkakan, sensasi terbakar, atau mati rasa. Tanda selanjutnya yang dapat muncul berupa eritema, papul, *wheel*, atau lesi berbentuk tentakel dengan karakteristik berbentuk linear seperti tali cambuk yang terasa nyeri dan gatal yang signifikan. Pada kasus yang parah beberapa tanda seperti munculnya blister, perdarahan subkutan, ulser, dan nekrosis dapat terjadi. Tanda dan manifestasi klinis lokal diatas dapat bertahan selama 1-2 minggu hingga beberapa bulan. (Peng et al., 2024). Identifikasi jenis ubur-ubur penyengat salah satunya

dapat dilakukan dengan mengamati luka pada area sengatan. Sengatan oleh kelas *Scyphozoa* dapat menimbulkan lesi eritematosa berbentuk ubur-ubur. Sengatan oleh kelas *Hydrozoa* dapat menimbulkan ruam linear berbentuk untaian manik-manik. Sengatan oleh kelas *Cubozoa* dapat menyebabkan lesi berbentuk cambuk yang lebar dan menyilang disertai warna kehitaman akibat nekrosis yang dialami sel tubuh yang tersengat. (Peng et al., 2024)

Meskipun sedikit dilaporkan, sengatan ubur-ubur juga dapat menimbulkan reaksi dermal tipe tertunda maupun rekuren. Asztalos melaporkan kasus kejadian reaksi dermal tertunda dan rekuren yang terjadi pada seorang anak perempuan. Pasien mengeluhkan papul kemerahan yang gatal pada kaki bagian kiri bawahnya, dimana 1 tahun sebelumnya pada daerah tersebut muncul erupsi terlokalisir akibat sengatan ubur-ubur. Pasien tersebut mendapat penanganan, namun mengeluhkan keluhan serupa muncul setelah pengobatan selesai dan dihentikan. gejala yang muncul pada reaksi tertunda berbeda dengan gejala pada reaksi akut, dimana pada reaksi akut karakteristik pada umumnya berupa lesi dengan nyeri, berbentuk linear, papular, ataupun urtikaria. sedangkan pada reaksi kutan kronis meliputi atrofi lemak terlokalisir, hiperhidrosis, vasospasme, hiperpigmentasi, keloid, likenifikasi, limfadenopati, dan jaringan parut (Asztalos et al., 2014).

Fenomena lain yang khas akibat sengatan ubur-ubur adalah Sindrom Irukandji yang ditandai dengan berkeringat, ansietas, hipertensi yang parah, potensi hipotensi pada fase akhir, dan gagal jantung. Sindrom ini dihubungkan dengan sengatan ubur-ubur kotak bertentakel (Flecker, 1952), seperti *Carukia barnesi*. terdapat laporan kematian 2 turis di Australia pada 2002 menandakan derajat keparahan dari sindrom ini (Fenner & Hadok, 2002). Sengatan pada kasus sindrom irukandji biasanya hanya menimbulkan reaksi lokal yang minimal, namun menimbulkan reaksi sistemik dalam waktu 20 hingga 30 menit yang kemudian dapat bertahan hingga hitungan jam dan hari (Tibballs et al., 2011). patofisiologi dari sindrom irukandji masih belum diketahui seutuhnya, namun pada studi yang dilakukan terhadap toksin dari dua spesies ubur-ubur penyebab irukandji, yaitu *Carukia barnesi* dan *Alatina mordens*, menunjukkan bahwa beberapa kondisi sindrom irukandji mirip dengan kondisi kelebihan katekolamin. (Winkel et al., 2005). Studi lain menunjukkan peningkatan adrenalin dan noradrenalin pada hewan yang diuji coba dengan toksin ubur-ubur tersebut (Ramasamy et al., 2005). Studi yang meneliti toksin dari kalajengking melaporkan bahwa sengatan kalajengking dapat menimbulkan gejala kardiovaskular yang mirip dengan sindrom ini, seperti kelebihan katekolamin, hipertensi pada fase awal, dan hipotensi di fase akhir (Magalhes et al., 1999).

Tatalaksana

Pencegahan terhadap sengatan ubur-ubur terhadap manusia tentu menjadi opsi yang lebih baik sehingga tidak timbul korban sengatan ubur-ubur. Tindakan pencegahan sengatan ubur-ubur antara lain dapat dilakukan dengan penutupan pantai atau pembatasan aktivitas di perairan ketika terdapat gelombang ubur-ubur di area tersebut, pemasangan jaring di perairan untuk mencegah ubur-ubur sampai ke area yang ramai diisi oleh warga dan wisatawan, dan pemasangan tanda peringatan bahaya serangan ubur-ubur (Remigante et al., 2018). Himbauan dapat diberikan kepada pengunjung pantai untuk menggunakan krim yang mengandung octyl methoxycinnamate dan zink oksida yang dapat digunakan untuk menangkal ubur-ubur. Kandungan krim tersebut dicampur dengan tabir surya anti air sehingga memiliki fungsi protektif dari sengatan ubur-ubur maupun sinar matahari. Krim seperti ini telah banyak dikomersialkan secara global, namun tidak ada data bukti efikasinya terhadap pencegahan sengatan ubur-ubur. Krim penangkal ini memiliki beberapa mekanisme dalam menangkal sengatan ubur-ubur. Pertama, sifat hidrofobik dari krim akan mencegah kontak tentakel ubur-ubur dengan lapisan kulit. Kedua, krim mengandung glikosaminoglikan yang menyerupai struktur glikosaminoglikan pada *bell* ubur-ubur, sehingga menyebabkan ubur-ubur mempersepsikan kulit sebagai bagian dari ubur-ubur tersebut dan mencegah sengatan. Ketiga,

krim mengandung antagonis terhadap reseptor non-selektif ubur-ubur, Keempat, kandungan kalsium dan magnesium dalam krim akan memblokir jalur pensinyalan transmembran dari ubur-ubur dan mengurangi gaya osmotik yang diperlukan untuk meningkatkan tekanan dalam kapsul sel penyengat ubur-ubur (Kimball et al., 2004)

Tindakan awal yang dilakukan pada korban sengatan ubur-ubur adalah memastikan bahwa korban tidak tenggelam lalu dilanjutkan dengan melakukan pemeriksaan tanda vital. Pemeriksaan selanjutnya dilakukan untuk mencari ada tidaknya tanda alergi maupun gejala sistemik pada korban sengatan (Peng et al., 2024). Tindakan lanjutan yang dilakukan adalah menyingkirkan nematosit dan tentakel dan memberikan tatalaksana untuk gejala yang muncul. Literatur dan konsensus mengenai metode untuk menyingkirkan nematosit dan tentakel terbatas sehubungan dengan banyaknya spesies dari ubur-ubur, sehingga prosesnya harus dilaksanakan dengan waspada (Remigante et al., 2018).

Nematosit dan tentakel ubur-ubur yang menancap di kulit korban harus segera dicabut dan disingkirkan untuk mencegah lebih banyaknya racun yang masuk ke dalam tubuh korban. Forsep dan alat sejenisnya direkomendasikan untuk digunakan dalam mencabut nematosit dan tentakel ketimbang menggunakan tangan kosong secara langsung (Remigante et al., 2018). Menggores area yang tersengat dengan benda seperti kartu atau pisau tidak direkomendasikan karena terbukti merugikan pada kasus sengatan oleh Cubozoa (Yanagihara & Wilcox, 2017), hal ini dikarenakan perubahan tekanan dapat memicu pelepasan nematosit. (Remigante et al., 2018). Alasan ini juga yang menyebabkan pemasangan perban tidak direkomendasikan (Montgomery et al., 2016). Cara lain untuk mempermudah menyingkirkan nematosit dan tentakel adalah dengan menaburkan area tersengat dengan pasir kemudian disingkirkan dengan diusap secara perlahan, namun manfaat metode ini tidak didukung dengan bukti yang cukup (Peng et al., 2024).

Proses menyingkirkan tentakel dan nematosit pada tubuh korban juga dapat dilakukan dengan pembilasan menggunakan cairan. Cairan pembilas ideal haruslah mampu menyingkirkan tentakel sekaligus menonaktifkan nematosit (Remigante et al., 2018). Penggunaan air laut sebagai cairan pembilas telah terbukti membantu proses penyingkiran tentakel, pengurangan rasa nyeri, dan mencegah pelepasan racun lanjutan (Cegolon et al., 2013). Secara umum air laut biasanya direkomendasikan digunakan untuk membilas lesi sengatan, namun sebuah studi menyimpulkan bahwa air laut dapat meningkatkan penghantaran racun secara signifikan dan penggunaannya pada sengatan oleh ubur-ubur jenis surai singa atau *Cyanea capillata* harus dihentikan (Doyle et al., 2017). Hal senada juga ditemukan pada studi yang meneliti *Pelagia noctiluca*, dimana dibuktikan bahwa air laut meningkatkan pelepasan nematosit (Mariottini et al., 2008).

Cairan pembilas lain yang umum digunakan adalah menggunakan cairan cuka. Sebuah studi menunjukkan bahwa cuka secara signifikan menurunkan aktivitas fungsional racun dari *Cyanea capillata* (Doyle et al., 2017). Hal ini senada dengan studi lain yang melaporkan bahwa cuka efektif menghambat pelepasan tubulus pada beberapa spesies ubur-ubur termasuk *Chironex fleckeri*, *Carybdea rastoni*, dan *Carukia Barnesi*. (Fenner & Hadok, 2002). Studi lain melaporkan bahwa asam asetat murni dengan konsentrasi 99% dapat menginduksi pelepasan tubulus, namun asam asetat dengan dosis yang lebih rendah (dibawah 10%) efektif menekan pelepasan tubulus. (Mianzan et al., 2001). Di lain sisi, studi lain menunjukkan bahwa cuka tidak boleh digunakan pada sengatan *Cyanea capillata* dan ubur-ubur lain dari kelas *Scyphozoa* karena dilaporkan memperburuk nyeri dan meningkatkan pelepasan racun dari nematosit (Cegolon et al., 2013). Penggunaan asam asetat sebagai cairan pembilas sengatan oleh *Physalia physalis* dan *Chrysaora quinquecirrha* dilaporkan mengakibatkan pelepasan tubulus secara segera dan dalam jumlah yang banyak (Birsa et al., 2010).

Penggunaan urin atau cairan lain yang mengandung amonia sebagai cairan pembilas diketahui tidak bermanfaat (Tibballs, 2006). Sebuah studi melaporkan bahwa pembilasan

menggunakan urin dan amonia menimbulkan pelepasan nematosit pada kasus sengatan ubur-ubur dari kelas Cubozoa, yaitu *Alatina alata*. Studi lain melaporkan bahwa terdapat pengecualian, yakni penggunaan amonia 20% dan ethanol 70% dapat secara efektif mereduksi pelepasan tubulus dari *Pelagia nocticulata* (Remigante et al., 2018). Pemberian saleratus (Sodium bikarbonat atau kalium bikarbonat) dilaporkan terbukti efektif dalam menonaktifkan nematosit ubur-ubur, menghambat pelepasan racun, dan meringankan eritema (Montgomery et al., 2016). Meskipun dilaporkan bahwa pemberian sodium bikarbonat pada kasus sengatan *Pelagia noctiluca* menimbulkan pelepasan nematosit (Remigante et al., 2018), secara umum saleratus aman digunakan dalam kebanyakan kasus emergensi sengatan ubur-ubur (Peng et al., 2024).

Untuk menghindari pelepasan nematosit lanjutan ke tubuh korban, terdapat beberapa senyawa yang harus dihindarkan dari tubuh korban karena dapat menginduksi proses tersebut. Senyawa tersebut antara lain amonia, barium klorida, pemutih, minuman karbonat, jus lemon, dan sodium klorida. Penggunaan air tawar untuk membilas luka sengatan tidak direkomendasikan karena air tawar memiliki tekanan osmotik yang rendah (Peng et al., 2024). Untuk mengurangi gejala lokal akibat racun, kompres luka baik menggunakan air hangat maupun dingin secara umum dapat digunakan. Kompres dengan air dingin membantu mengurangi nyeri dengan cara membatasi inflamasi dan penyebaran racun. (Remigante et al., 2018). Hal ini diperkuat oleh studi lain yang menunjukkan bahwa kompres air hangat mengurangi nyeri lebih baik dibanding kompres air dingin, studi ini dilakukan melibatkan 435 partisipan yang menjadi korban sengatan *Physalia physalis* dan *Alatina alata* (McGee et al., 2023).

Pemberian lidokain hidroklorida 10% dan 15% dilaporkan dapat mereduksi nyeri akibat sengatan *Chiropsalmus quadrumanus* dan *Chrysaora quinquecirrha*. Pemberian zinc dan tembaga glukonat dapat menghambat efluks kalium dari sel darah merah dan manjur mengurangi nyeri yang timbul di area sengatan (Yanagihara & Wilcox, 2017). Pada kasus sindrom irukandji, tatalaksana yang direkomendasikan adalah dengan pemberian Magnesium ($MgSO_4$ atau $MgCl_2$) secara intravena. Terdapat bukti yang kuat bahwa pemberian magnesium memiliki tingkat sukses yang tinggi dalam mengurangi hipertensi maupun nyeri pada kasus sindrom irukandji (Corkeron, 2003). Untuk kasus reaksi dermal tertunda dan rekuren, dapat dilakukan pemberian cetirizin oral selama 3 minggu diikuti dengan pemberian tacrolimus selama 4 minggu, jika rekuren dapat diberikan injeksi triamcinolone acetone. (Asztalos et al., 2014). Sebuah studi melaporkan bahwa takrolimus memiliki efektivitas yang setara dengan glukokortikoid dalam mengurangi gejala dermatitis atopis. Kecuali untuk iritasi kulit atau sensasi terbakar, profil keamanan takrolimus mirip dengan kortikosteroid (Umar et al., 2022). Keamanan penggunaan salep tacrolimus telah dibuktikan dalam studi jangka pendek dan terutama jangka panjang, telah dibuktikan bahwa penyerapan sistemik tacrolimus dari aplikasi topikal sebagian besar minimal. Konsentrasi maksimal takrolimus dalam darah pasien yang menggunakan takrolimus sistemik dilaporkan berada dibawah kadar 3%, dengan tidak ada tanda akumulasi setelah penggunaan yang berulang (Baldo et al., 2009).

KESIMPULAN

Secara umum tatalaksana pada sengatan ubur-ubur dapat dilakukan dengan mengamankan tanda vital korban, menyingkirkan nematosit dan tentakel yang melekat, melakukan pembilasan dengan air laut, melakukan kompres air hangat, dan pemberian obat-obatan. Gejala dan tatalaksana pada kasus sengatan ubur-ubur bervariasi. Pengetahuan akan tanda dan gejala disertai penanganannya akan sangat membantu menghindarkan timbulnya korban berat akibat serangan ubur-ubur.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asztalos, M. L., Rubin, A. I., Elenitsas, R., Macfarlane, C. G., Ph, D., Castelo-soccio, L., & Ph, D. (2014). *Recurrent Dermatitis and Dermal Hypersensitivity Following a Jellyfish Sting: A Case Report and Review of Literature*. *Wiley Periodicals*, 31(2), 217–219. <https://doi.org/10.1111/pde.12289>
- Badre, S. (2014). *Toxicon Bioactive toxins from stinging jelly fish*. *Elsevier, Toxicon*, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.09.010>
- Baldo, A., Cafiero, M., Caterino, P., & Costanzo, L. (2009). *Tacrolimus ointment in the management of atopic dermatitis*. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 1–8. <https://doi.org/10.2147/ccid.s3378>
- Bentlage, B., Cartwright, P., Yanagihara, A. A., Lewis, C., Richards, G. S., & Collins, A. G. (2010). *Evolution of box jellyfish (Cnidaria: Cubozoa), a group of highly toxic invertebrates*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, November 2009, 493–501. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1707>
- Birsa, L. M., Verity, P. G., & Lee, R. F. (2010). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C Evaluation of the effects of various chemicals on discharge of and pain caused by jellyfish nematocysts*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 151(4), 426–430. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.01.007>
- Brinkman, D., & Burnell, J. (2007). *Identification, cloning and sequencing of two major venom proteins from the box jellyfish, Chironex fleckeri*. *Elsevier*, 50, 850–860. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2007.06.016>
- Cegolon, L., Heymann, W. C., Lange, J. H., & Mastrangelo, G. (2013). *Jellyfish Stings and Their Management: A Review*. *Marine Drugs*, 523–550. <https://doi.org/10.3390/md11020523>
- Corkeron, M. (2003). *Magnesium Infusion to Treat Irukandji Syndrome*. *The Medical Journal Of Australia*, 178(April). <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2003.tb05263.x>
- Doyle, T. K., Headlam, J. L., Wilcox, C. L., & Yanagihara, A. A. (2017). *Evaluation of Cyanea capillata Sting Management Protocols Using Ex Vivo and In Vitro Envenomation Models*. *MDPI*, 9(215), 1–14. <https://doi.org/10.3390/toxins9070215>
- ESDM, K. (2009). *Kapal Survei Geomarin III Sebagai Sebuah Jawaban*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kapal-survei-geomarin-iii-sebagai-sebuah-jawaban>
- Fenner, P. J., & Hadok, J. C. (2002). *Fatal envenomation by jellyfish causing Irukandji syndrome*. *Wiley*, 177(October), 362–363. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2002.tb04838.x>
- Flecker, H. (1952). *Irukandji Sting to North Queensland Bathers Without Production of Weals But With Severe General Symptoms*. *The Medical Journal Of Australia*, 89–91. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1952.tb100081.x>
- Kimball, A. B., Arambula, K. Z., Stauffer, A. R., Levy, V., Davis, V. W., Liu, M., Rehmus, W. E., Lotan, A., & Auerbach, P. S. (2004). *Efficacy of a Jellyfish Sting Inhibitor in Preventing Jellyfish Stings in Normal Volunteers*. *Wilderness and Environmental Medicine*, 15(2), 102–108. [https://doi.org/10.1580/1080-6032\(2004\)015](https://doi.org/10.1580/1080-6032(2004)015)
- Lane, C. E. (1960). *The Toxin of Physalia Nematocysts*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 90(3), 742–750. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1960.tb26418.x>

- Magalhes, M., Elizabeth, M., Pereira, S., Bucaretschi, Â., & Gazzinelli, R. T. (1999). *Serum levels of cytokines in patients envenomed by Tityus serrulatus scorpion sting*. 37, 1155–1164.
- Månsson, T., Randle, H. W., Mandojana, R. M., Calton, G. J., & Burneit, J. W. (1985). *Recurrent Cutaneous Jellyfish Eruptions without Envenomation*. 72–75.
- Mariottini, G. L., Giacco, E., & Pane, L. (2008). *The Mauve Stinger Pelagia noctiluca (Forsskål, 1775). Distribution, Ecology, Toxicity and Epidemiology of Stings. A Review. Marine Drugs*, 496–513. <https://doi.org/10.3390/md20080025>
- McGee, R., Ac, W., Sr, L., & Welsford, M. (2023). *Interventions for the symptoms and signs resulting from jellyfish stings (Review)*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009688.pub3.www.cochranelibrary.com>
- Mujiono, N. (2010). *Jellyfish Stings : an Indonesian Care Report. Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.20473/jipk.v2i1.11673>
- Munro, C., Vue, Z., Behringer, R. R., & Dunn, C. W. (2019). *Morphology and development of the Portuguese man of war , Physalia physalis. Scientific Reports*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51842-1>
- Ozbek, S., Balasubramanian, P., & Holstein, T. (2009). *Cnidocyst structure and the biomechanics of discharge. Toxicon*, 54(8), 1038–1045. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.03.006>
- Peng, X., Liu, K., Chen, J., & Wang, M. (2024). *Jellyfish Stings : A Review of Skin Symptoms , Pathophysiology , and Management. Medical Science Monitor*, 1–10. <https://doi.org/10.12659/MSM.944265>
- Ramasamy, S., Isbister, G. K., Seymour, J. E., & Hodgson, W. C. (2005). *The in vivo cardiovascular effects of the Irukandji jellyfish (Carukia barnesi) nematocyst venom and a tentacle extract in rats. Elsevier*, 155, 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.09.004>
- Remigante, A., Costa, R., Morabito, R., Id, A. M., & Dossena, S. (2018). *Impact of Scyphozoan Venoms on Human Health and Current First Aid Options for Stings. MDPI*, 1–21. <https://doi.org/10.3390/toxins10040133>
- Russo, A., Calton, G. J., & Burnett, J. W. (1983). *The Relationship of the Possible Allergic Response to Jellyfish Envenomation and Serum Antibody Titers*. 21.
- Schnitzler, C. E. (2019). *What makes a jellyfish. Nature Ecology and Evolution*, 3(5), 724–725. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0872-8>
- Tibballs, J. (2006). *Australian venomous jellyfish , envenomation syndromes , toxins and therapy. Toxicon*, 48, 830–859. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.07.020>
- Tibballs, J., Yanagihara, A. A., Turner, H. C., & Winkel, K. (2011). *Immunological and Toxinological Responses to Jellyfish Stings. Bentham Sciences*, 438–446. <https://doi.org/10.2174/187152811797200650>
- Umar, B. U., Rahman, S., Dutta, S., Islam, T., Nusrat, N., Farizatul, W., Binti, S., Ahmad, W., & Haque, M. (2022). *Management of Atopic Dermatitis : The Role of Tacrolimus*. 14(8). <https://doi.org/10.7759/cureus.28130>
- Winkel, K. D., Tibballs, J., Molenaar, P., Lambert, G., Coles, P., Ross-smith, M., Wiltshire, C., Fenner, P. J., Gershwin, L., Hawdon, G. M., Wright, C. E., & Angus, J. A. (2005). *Cardiovaskular Actions of The Venom from The Irukandji (Carukia barnesi) Jellyfish : Effects in Human, Rat, and Guinea Pig Tissues In Vitro and in Pigs In Vivo. September 2004*, 777–788.
- Yanagihara, A., & Wilcox, C. (2017). *Cubozoan Sting-Site Seawater Rinse, Scraping, and Ice Can Increase Venom Load: Upending Current First Aid Recommendations. MDPI*, 1–15. <https://doi.org/10.3390/toxins9030105>