



ENSIKLOPEDIA MINI PERIKANAN:

IKAN BUNTAL

Mohd Nor Azman Ayub & Wan Norhana Md Noordin



KEMENTERIAN PERTANIAN
DAN KETERJAMINAN MAKANAN





ENSIKLOPEDIA MINI
PERIKANAN:

IKAN BUNTAL

Mohd Nor Azman Ayub & Wan Norhana Md Noordin

Edisi Pertama
Cetakan Pertama 2024
© Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) Malaysia

Hak Cipta Terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan ulang mana-mana bahagian artikel, ilustrasi, dan isi kandungan buku ini dalam apa juga bentuk dan dengan apa jua sama ada cara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman, atau cara lain sebelum mendapat izin daripada Ketua Pengarah Jabatan Perikanan Malaysia. Perundingan tertakluk kepada perkiraan royalti atau honorarium.

ENSIKLOPEDIA MINI PERIKANAN: IKAN BUNTAL
Mohd Nor Azman Ayub & Wan Norhana Md Noordin

Diterbitkan oleh

Institut Penyelidikan Perikanan (FRI)
11960 Batu Maung,
Pulau Pinang
No Tel: 04 – 626 3925 / 26
No Faks: 04 – 626 2077
Email: fri_helpdesk@dof.gov.my



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-967-2946-39-7

SENARAI KANDUNGAN

Perutusan Pengarah Kanan	ii
Prakata	iii
1.0 Pengenalan	1
2.0 Maklumat Biologi	9
3.0 Ciri-Ciri Racun Ikan Buntal	14
4.0 Kes Keracunan Ikan Buntal	17
5.0 Kaedah Pengesanan Racun Ikan Buntal	24
6.0 Peraturan Paras Selamat Tetrodotoksin dan Penjualan Ikan Buntal dan Produk	28
7.0 Penyelidikan & Pembangunan (R&D) Berkaitan Ikan Buntal di Malaysia	31
8.0 Produk-Produk Ikan Buntal di Pasaran	42
Penutup	53
Rujukan	54

PERUTUSAN PENGARAH KANAN

Assalammualaikum warahmatullahi wabarakatuh dan selamat sejahtera

Alhamdulillah, syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan izinNya, Ensiklopedia Mini Perikanan: Ikan Buntal berjaya diterbitkan. Di kesempatan ini, saya ingin merakamkan ucapan tahniah kepada pasukan pengarang kerana telah berjaya menghasilkan satu dokumen yang mempunyai banyak maklumat tentang ikan buntal. Walaupun ikan buntal bukan spesies ikan komersial, namun ia ada didaratkan di Malaysia dalam kuantiti yang kecil. Ikan buntal sangat beracun. Kandungan toksin dalam ikan buntal mampu membunuh manusia dewasa dengan sekadar dua miligram sahaja. Memandangkan kes keracunan ikan buntal semakin kerap dilaporkan di Malaysia, kesedaran dan pendidikan mengenai risiko memakan ikan ini kepada orang awam perlu dimulakan. Penulisan buku ini adalah salah satu usaha Institut Penyelidikan Perikanan dalam menangani isu ini. Adalah diharapkan buku ini dapat mendidik dan meningkatkan kesedaran pembaca tentang ikan buntal yang unik tetapi berbahaya.

Sekian, terima kasih.

YBrs. Dr. Azhar bin Hamzah
Institut Penyelidikan Perikanan
Jabatan Perikanan Malaysia



PRAKATA

Setinggi-tinggi syukur ke hadrat Allah SWT kerana dengan izin dan limpah kurniaNya, penulisan buku “Ensiklopedia Mini Perikanan: Ikan Buntal” ini berjaya disempurnakan dan diterbitkan. Kes keracunan disebabkan ikan buntal bukanlah satu perkara baharu di Malaysia walaupun jarang-jarang berlaku. Namun mutakhir ini, kes keracunan ikan buntal agak kerap dilaporkan. Kes yang terbaharu adalah pada bulan Mac 2023 yang lalu, di mana sepasang warga emas telah mati akibat memakan ikan buntal yang dibeli daripada penjual tempatan. Selain daripada itu, terdapat laporan penjualan filet ikan buntal di Pulau Pinang dengan nama ikan kristal pada tahun 2017 serta jualan filet ikan buntal secara terbuka di dalam talian. Kesemua faktor ini telah mendorong kami untuk menulis buku ini, bagi tujuan meningkatkan kesedaran tentang ikan buntal serta risiko kemudaratan akibat memakan ikan ini kepada orang awam terutama pencinta makanan unik di Malaysia.

Buku ini dibahagikan kepada beberapa bahagian. Bahagian satu memberikan pengenalan ringkas berkaitan ikan buntal dan kepentingannya. Bahagian dua memberi penekanan tentang maklumat biologi ikan buntal terutamanya daripada aspek pengkelasan taksonomi, deskripsi morfologi, taburan habitat, nilai nutrisi dan status konservasi. Bahagian tiga pula memberi tumpuan kepada ciri-ciri racun ikan buntal. Bahagian empat menghuraikan tentang kes keracunan yang telah dilaporkan dan bahagian lima mengenai kaedah pengesanan racun ikan buntal. Bahagian enam pula menyenaraikan kriteria atau garis panduan keselamatan racun ikan buntal yang diguna pakai di negara tertentu. Bab tujuh menonjolkan maklumat mengenai penyelidikan dan pembangunan serta dokumentasi lain berkaitan ikan buntal di Malaysia. Bahagian lapan pula berkongsi maklumat tentang produk serta juadah popular ikan buntal dan diakhiri dengan penutup yang ringkas dan senarai rujukan.

Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyumbang maklumat dan foto serta semua yang terlibat dalam penerbitan buku ini sama ada secara langsung ataupun tidak. Semoga buku ini dapat memberi manfaat kepada semua.

Mohd Nor Azman Ayub & Wan Norhana Md Noordin





1.0 PENGENALAN

Ikan buntal atau *pufferfish* adalah salah satu kumpulan ikan yang sangat unik di dunia. Keunikan yang pertama adalah kemampuan ikoniknya untuk mengembungkan badan lebih tiga kali ganda sehingga menjadi bulat seperti belon, dengan cara menelan air atau udara (**Foto 1**). Keupayaan untuk mengembungkan badan ini adalah sebagai salah satu mekanisma pertahanan diri bagi mengelak dimakan pemangsa. Keunikan yang kedua adalah kebanyakan spesies ikan ini adalah beracun. Isi, kulit serta organ dalaman ikan buntal mengandungi racun yang sangat toksik (1,200 kali lebih kuat dari sianida) kepada kebanyakan haiwan termasuk manusia, yang dinamakan Tetrodotoksin (TTX). Ikan buntal merupakan vertebrata kedua yang paling beracun selepas katak *golden poison*. TTX apabila dimakan oleh manusia akan menyebabkan mereka mengalami muntah-muntah, pening, serta gangguan pada sistem saraf dan kardiovaskular (Noguchi & Ebesu, 2001). Keracunan ikan buntal telah banyak dilaporkan di banyak negara terutamanya kawasan pantai. Kebanyakan ikan buntal juga boleh bertukar warna untuk menyesuaikan diri dengan persekitaran.



Foto 1: Ikan buntal (*Diodon* sp.)

Ikan buntal dikenali dengan pelbagai nama di seluruh dunia termasuklah *blowfish*, *globefish*, *ballonfish*, *bubblefish*, *swellfish*, *toadies*, *sugar toad* atau *toadfish*. Nama-nama umum ini berkait rapat dengan rupa fizikal ikan buntal yang berbentuk bulat atau seperti belon. Sementara itu, ikan buntal juga turut mempunyai nama tempatan yang khusus mengikut negara tertentu seperti 'fugu' di Jepun, 'bok' atau 'bogeo' di Korea, 'ikan buntek' di Indonesia, 'pakpao' di Thailand, dan 'hétún' di China. Selain daripada mempunyai ciri unik fizikal dan beracun, terdapat beberapa lagi fakta menarik tentang ikan buntal seperti yang disenaraikan dalam **Rajah 1**.



Rajah 1: Fakta-fakta menarik tentang ikan buntal

1.1 Sejarah penggunaan ikan buntal

Keracunan ikan buntal telah dikenal pasti sejak zaman Mesir purba, 3000–5000 tahun yang lampau. Di Jepun, tulang ikan buntal telah ditemui sekurang-kurangnya 2,800 tahun lampau, (semasa era Jōmon), dan mencadangkan ikan ini telah ditangkap untuk dimakan sejak ribuan tahun yang lalu. Dalam kurun ke-16, undang-undang yang melarang memakan ikan buntal telah diperkenalkan berikutan berlakunya kes kematian yang signifikan akibat memakan ikan ini. Pengambilan ikan ini kembali berleluasa sejak 130 tahun lalu serta larangan telah diangkat. Semenjak itu, lebih banyak pendekatan keselamatan telah diperkenalkan untuk memastikan ikan buntal selamat dimakan. Dalam tahun 1930, *Tokyo Fugu Ryori Renmei (Cooking Alliance)* telah diasaskan dengan misi untuk berkongsi kaedah pengendalian ikan buntal yang selamat serta ceramah kesedaran yang berkaitan ikan buntal. Perkara ini telah menyumbang dalam menyebarkan konsumsi ikan buntal di Jepun. Bandar Shimonoseki di Wilayah Yamaguchi sangat terkenal dengan jumlah restoran serta kilang pemprosesan ikan buntal yang paling padat, mempunyai jenama ikan buntal tersendiri “Shimonoseki Fugu” dan menjadi hub ikan buntal yang bukan sahaja ditangkap di Jepun, tetapi juga di serata dunia (**Foto 2**).



Foto 2: Restoran dan juadah istimewa ikan buntal di Jepun
(Sumber: https://web-japan.org/trends/11_food/jfd202101_fugu.html)



Di China pula, pengambilan ikan buntal direkodkan semenjak pemerintahan Maharaja Yu (lebih kurang 2205-2197 sebelum masihi). Ikan buntal dikategorikan sebagai menu Diraja seawal Dinasti Tang (618-907). Konsumsi ikan buntal ternak telah diwartakan pada tahun 2016 dan sejak itu, permintaan terhadap ikan buntal terus meningkat. Menurut *China Aquatic Products Processing and Marketing Alliance*, konsumsi tahunan ikan buntal meningkat daripada 5,000 tan metrik pada tahun 2017 kepada hampir 20,000 tan metrik pada tahun 2021. Bilangan restoran ikan buntal di China juga meningkat dari sekitar 100 buah pada tahun 2016 kepada lebih daripada 2,000 buah (Tao, 2024). Selain itu, ikan buntal dianggap makanan laut yang paling enak di Suez City, Egypt dan dijual secara haram walaupun telah menyebabkan keracunan maut di bandar ini (Zaki, 2004). Di Turkiye, walaupun pendaratan ikan buntal diharamkan sebagai ikan komersial, namun masih didaratkan secara haram dan dimakan di kawasan pantai Mediterranean.

Di Malaysia, ikan buntal banyak dimakan di Sarawak dan Sabah. Ikan buntal dianggap hidangan istimewa di Sarawak dan setiap tahun diadakan Pesta Buntal tahunan di Kampung Manggut, Spaoh, di Daerah Betong, Sarawak, untuk mempromosi ikan buntal kuning (*Xenopterus naritus*) yang banyak terdapat di situ (Kana, 2002). Terdapat juga Kampung Buntal, kira-kira 27 km dari Bandaraya Kuching, Sarawak yang dinamakan sempena kehadiran ikan buntal yang banyak di Sungai Buntal yang terletak di situ. Di Sabah pula, terdapat juadah tradisional istimewa ikan buntal iaitu Sagol (juga dipanggil Siagol) di kalangan suku kaum Bajau. Makanan ini selalunya dimasak menggunakan isi ikan buntal, ikan pari atau ikan yu (umumnya ikan dengan saiz hati yang besar).

1.2 Kepentingan ikan buntal dari segi ekonomi

Walaupun beracun, ikan buntal mempunyai nilai ekonomi, budaya dan mitos yang signifikan di seluruh dunia. Ikan ini dianggap hidangan istimewa (*delicacy*) serta santapan mewah yang bernilai tinggi di Jepun, Korea, China, dan Taiwan. Disebabkan TTX terdapat dalam pelbagai organ dalaman, ikan buntal perlu disediakan oleh tukang masak terlatih dengan lesen khas. Antara spesies yang bernilai tinggi termasuklah torafugu atau *tiger puffer* (*Takifugu rubripes*), *grass puffer* (*Takifugu niphobles*), *panther puffer* (*Takifugu paradalis*) dan *black-backed puffer* (*Takifugu stictonotus*). Pada suatu masa dahulu, ikan buntal adalah makanan orang biasa yang murah, tetapi sekarang ia adalah hidangan mewah dan eksklusif yang boleh mencecah antara 10,000-30,000-yen (£65-£200) untuk satu hidangan lengkap ikan buntal (MATCHA, 2018).



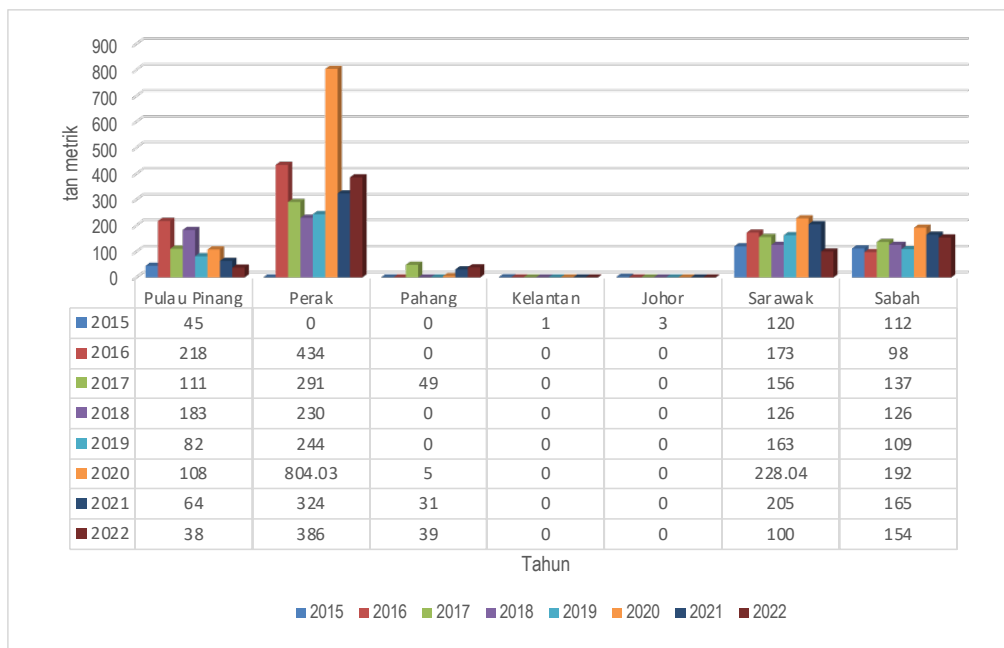
Selain itu, di Jepun, ikan buntal adalah simbol tuah serta kesejahteraan dalam kehidupan. Ikan buntal juga banyak digunakan dalam industri perubatan tradisional. Sementara itu, ikan buntal juga berpotensi sebagai ikan hiasan seperti *Chonerhinos modestus*, *Carinotetraodon saliva/or*, *Tetraodon biocellata*, *Carinotetraodon lorteli*, *Tetraodon sabahensis* dan *Tetraodon palembangensis* (Nishimura, 2005). Menurut Stump et al. (2018), sejumlah 81 spesies ikan buntal (54%) mempunyai sekurang-kurangnya satu kegunaan. Rekod penggunaan yang paling tinggi adalah untuk industri akuarium (44 spesies, atau 29% daripada jumlah keseluruhan spesies), diikuti dengan industri makanan (37 spesies (25%)). Penggunaan yang minimum direkodkan untuk penyelidikan, perubatan, perniagaan curio, racun dan makanan haiwan (13% daripada keseluruhan spesies).

Di Malaysia, ikan buntal dikategorikan sebagai ikan baja oleh Jabatan Perikanan Malaysia kerana ikan ini tidak bernilai komersial dan umumnya tidak dimakan oleh penduduk tempatan. Namun, terdapat beberapa spesies ikan buntal yang dianggap boleh dimakan dan tidak beracun. Pada tahun 2003, harga ikan buntal kuning di Sarawak adalah sekitar RM3 sekilogram, namun pada tahun 2023 telah menjangkau kepada RM15 sekilogram (Berita Harian, 2023). Harga telur ikan buntal yang dimasinkan boleh mencapai antara RM20-RM40 sekilogram di beberapa pasar sekitar Betong, Sarawak.

1.3 Pengeluaran ikan buntal

Pendaratan utama ikan buntal adalah daripada sumber liar. Memandangkan ikan buntal tidak dianggap sebagai spesies ikan komersial, statistik tahunan pengeluaran ikan buntal tidak dilaporkan di peringkat global secara tahunan. Data pendaratan yang ada sangat terhad dan agak *outdated*. Data terkini Statistik Perikanan China (2022) menunjukkan jumlah keseluruhan pengeluaran ikan buntal mencecah 15,391 tan metrik pada tahun 2021 dengan pola dan skala pengeluaran yang kian meningkat (Cai et al., 2023).

Di Malaysia ikan buntal banyak didaratkan di Pulau Pinang, Perak, Sabah dan Sarawak, namun, Pahang, Kelantan dan Johor (**Rajah 2**) terdapat dalam kuantiti yang rendah. Jumlah pendaratan ikan buntal pada tahun 2022 adalah sebanyak 717 tan metrik di mana negeri Perak mencatatkan jumlah pendaratan yang tertinggi iaitu 386 tan metrik. Manakala jumlah pendaratan ikan buntal di Sabah dan Sarawak adalah masing-masing sebanyak 154 tan metrik dan 100 tan metrik. Selain itu, negeri Perak menunjukkan jumlah pendaratan yang paling banyak dari tahun 2016 hingga 2022 berbanding negeri-negeri lain



Rajah 2: Pendaratan ikan buntal dari tahun 2015 hingga 2022 mengikut negeri

dalam tempoh yang sama. Tiada pendaratan ikan buntal direkodkan di negeri Kelantan dan Johor sejak tahun 2016 hingga 2022.

1.4 Spesies ikan buntal yang direkodkan di Malaysia

Di Malaysia, spesies ikan buntal yang kerap ditemui adalah buntal pisang kasar (*Lagocephalus lunaris*), buntal pisang kerisi (*L. sceleratus*) dan buntal pisang muda (*L. spadiceus*) (**Foto 3**). Sehingga kini sebanyak 37 spesies ikan buntal pernah ditemui dan direkodkan di Malaysia (Ambak et al., 2010). Sebahagian daripada spesies yang direkodkan ditunjukkan dalam **Foto 4** dan **Foto 5**. Ikan buntal ditangkap menggunakan pukot tunda, pukot jerut ikan dan pukot hanyut selain pukot bakul, pukot rentang dan bubu.



Buntal pisang kasar
(*Lagocephalus lunaris*)



Buntal pisang kerisi
(*Lagocephalus scleratus*)



Buntal pisang muda
(*Lagocephalus spadiceus*)



Buntal pisang emas
(*Lagocephalus wheeleri*)

Foto 3: Spesies ikan buntal yang kerap ditemui di Malaysia



Buntal belang (*Takifugu oblongus*)



Buntal kodok tompok
(*Torquigener pallimaculatus*)



Buntal susu (*Chelonodon patoca*)



Buntal kuning (*Xenopterus naritus*)



Buntal pasir bintang (*Arothron stellatus*)



Buntal pasir corak (*Arothron mappa*)



Buntal gigi Kupang (*Tetraodon nigroviridus*)

Foto 4: Spesies ikan buntal yang terdapat di Malaysia



Buntal pasir bersih
(*Arothron immaculatus*)



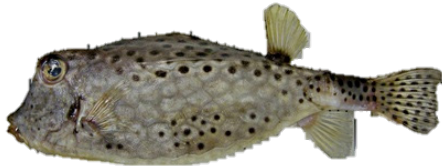
Buntal pasir batik
(*Arothron reticularis*)



Buntal pasir garis/jalur
(*Arothron manilensis*)



Buntal pasir bintang putih
(*Arothron hispidus*)



Kaban tanda
(*Ostracion nasus*)



Buntal landak tanda
(*Diodon hystrix*)



Buntal landak panjang
(*Diodon holocanthus*)



Barat-barat
(*Aluterus monoceros*)

Foto 5: Spesies ikan buntal yang terdapat di Malaysia

2.0 MAKLUMAT BIOLOGI

2.1 Taksonomi

Pengelasan saintifik ikan buntal adalah seperti berikut:

Phylum: Chordata

Class: Osteichthyes

Order: Tetraodontiformes

Family: Tetraodontidae (*puffers*)

Ikan buntal diklasifikasikan di bawah order Tetraodontiformes (“tetra” bermaksud empat dan “odontos” bermaksud gigi di dalam Bahasa Greek). Nama ini merujuk kepada empat gigi besar seakan paruh (beak-like) yang terdapat di bahagian rahang atas dan bawah. Kebanyakan ikan buntal, giginya menonjol dan terlihat seperti paruh. Ikan ini kelihatan berbeza dengan ikan lain kerana bentuknya yang aneh dan tidak memiliki sisik. Sisiknya telah diubahsuai dan menonjol membentuk duri. Bukaan insangnya sangat kecil dan hanya terdapat di bahagian depan bawah sirip pektoral. Sirip dorsalnya lembut dan terletak di belakang dan bertentangan dengan sirip anal. Garis deria pada badan tidak kelihatan, namun mungkin ada (Mohsin & Ambak, 1991). Menurut maklumat terkini, terdapat 10 famili, 106 genus dan 447 spesies ikan buntal di dalam order Tetraodontiformes (Froese & Pauly, 2023). Nama famili dan nama umum ikan buntal yang tergolong di dalam order ini disenaraikan dalam **Rajah 3**.

Famili	Nama umum
1. Triacanthodidae	<i>Spikefishes</i>
2. Triacanthidae	<i>Triplespins</i>
3. Balistidae	<i>Triggerfishes</i>
4. Monacanthidae	<i>Filefishes, Leatherjackets</i>
5. Ostraciidae	<i>Boxfishes, Cowfishes, Trunkfishes</i>
6. Aracnidae	<i>Robust boxfishes</i>
7. Triodontidae	<i>Pursefishes, Three Toothed Puffer</i>
8. Tetraodontidae	<i>Pufferfishes, Toads</i>
9. Diodontidae	<i>Porcupinefishes</i>
10. Molidae	<i>Molas, Ocean Sunfishes</i>

Rajah 3: Order Tetraodontiformes

2.2 Morfologi

Ikan buntal daripada famili Tetraodontidae berbeza secara fizikal daripada famili lain di bawah order Tetraodontiformes. Perbezaan utama adalah pada ciri-ciri berikut: kepala besar dan tumpul; rahang diubah suai untuk membentuk paruh, empat gigi besar (dua di atas dan dua di bawah) yang bercantum dan dengan rahang yang kuat untuk menghancurkan makanan seperti cengkerang moluska dan krustasea, mata yang besar dan tinggi di atas kepala; bukaan insang, celahan di hadapan sirip pektoral; sirip dorsal dan sirip anal terletak jauh di belakang, mengandungi tujuh hingga 15 sinar lembut; sirip ekor berpinggiran tegak, membulat atau berpinggiran berlekuk; tiada sirip pelvik; garis sisi (jika ada) biasanya tidak jelas, membentuk corak yang saling berkaitan pada sisi kepala dan badan, tetapi agak berbeza dalam beberapa genera (cth. *Lagocephalus* dan *Torquigener*); tiada sisik, kulit licin tetapi banyak duri di belakang dan/atau perut, dan di bahagian sisi (Matsuura, 2001). Ikan buntal daripada famili Tetraodontidae mempunyai duri yang lebih kecil dan tidak kelihatan berbanding ikan buntal famili Diodontidae, sehinggalah ia mengembungkan badannya. Ikan buntal juga mempunyai julat panjang yang besar iaitu daripada 2.0 cm (ikan buntal *pygmy*) hingga 60.0 cm (ikan buntal gergasi air tawar).

2.3 Habitat

Kebanyakan ikan buntal ditemui dalam laut di kawasan tropika dan subtropika khususnya lautan Atlantik, Pasifik dan India. Ia agak jarang ditemui di kawasan hawa sederhana. Ikan buntal kerap mendiami pesisiran pantai dan justeru ada yang boleh hidup di persekitaran air tawar dan air payau. Di Malaysia, ikan buntal boleh dijumpai di kawasan sungai, paya bakau dan perairan pantai.

2.4 Pemakanan

Diet ikan buntal banyak bergantung kepada habitat di mana ia tinggal. Sebagai haiwan omnivor, ikan buntal memakan kedua-dua tumbuhan dan haiwan. Diet utama adalah alga dan invertebrata kecil (moluska, gastropod, serangga, ikan kecil dan larva). Ikan buntal yang bersaiz besar memakan kerang-kerangan, batu karang, detritus, udang, landak laut dan cacing yang terdapat di habitat mereka berada.



2.5 Sistem pembiakan, kematangan

Ikan buntal mempunyai kaedah pembiakan yang unik dan sedikit berbeza mengikut spesies. Ikan jantan akan mendorong ikan betina ke kawasan pantai yang bersesuaian untuk mengawan. Ada spesies ikan buntal jantan yang membuat sarang di atas pasir untuk menarik perhatian ikan betina. Selepas mengawan, ikan betina akan bertelur antara tiga hingga tujuh ribu biji telur. Pasangan induk akan kekal di perairan tersebut sehingga telur menetas.

Telur ikan buntal berbentuk sfera dan biasanya terapung di permukaan air selama lebih kurang seminggu sebelum menetas. Mereka mempunyai mulut dan mata yang berfungsi, dan mesti makan dalam masa beberapa hari. Larva yang diliputi cangkerang akan pecah dalam beberapa hari dan larva membentuk sirip, gigi, dan semua bahagian yang lain (Kumar & Pathak, 2021). Ikan buntal hidup sehingga 10 tahun dalam habitat liar.

2.6 Nilai nutrisi

Walaupun ikan buntal merupakan makanan istimewa di beberapa negara seperti Jepun, Korea dan China, namun, kandungan nutrien tidak didokumentasikan secara meluas kerana potensi bahaya yang berkaitan dengan penggunaannya. Menurut Cai et al. (2023), isi ikan buntal mempunyai rasa yang sangat lazat, nilai nutrisi yang tinggi serta kandungan lemak yang rendah dalam kalangan ikan-ikan yang lain. Dari segi nilai nutrisi, seperti ikan lain, ikan buntal juga mengandungi protein yang tinggi, vitamin dan mineral. Ikan buntal pernah dirujuk dalam ensiklopedia perubatan Korea kurun ke 16 (Donguibogam) sebagai penggalak imuniti. Walau bagaimanapun, disebabkan potensi ketoksikannya, adalah tidak digalakkan untuk mengambil/memakan ikan buntal tanpa penyediaan yang betul oleh pakar dalam mengendalikan spesies ikan buntal ini.

Komposisi nutrien dalam beberapa spesies ikan buntal ternak dan liar dari beberapa lokasi ditunjukkan dalam **Jadual 1**. Ikan buntal rata-ratanya mengandungi kandungan protein yang tinggi (melebihi 16%) dan lemak yang rendah (kurang dari 2.0%).



Jadual 1: Komposisi nutrien dalam beberapa spesies ikan buntal

Spesies	Lokasi (Ternak/Liar)	Kelembapan	Protein kasar	Purata (% bb)			Rujukan
				Lemak kasar	Fiber kasar	Abu	
<i>Fugu rubripes</i>	Nagato, Jepun (Ternak)	79.9±0.8	18.4±0.7	0.29±0.05	TD	1.2±0.1	Saeki & Kumagai (1982)
	Tsushima, Jepun (Liar)	80.1±0.5	18.2±0.4	0.35±0.04	TD	1.3±0.1	
<i>Fugu rubripes</i>	Nagato, Jepun. (Ternak)	79.7±0.8	17.9±0.7	0.35±0.07	TD	1.28±0.04	Saeki & Kumagai (1984)
	Tsushima, Jepun (Liar)	79.6±0.8	18.6±0.7	0.24±0.05	TD	1.36±0.04	
<i>Takifugu rubripes</i>	Akashima, Jepun (Ternak)	78.7±0.5	16.5±0.4	0.9±0.1	TD	1.3±0.1	Saito & Kunisaki (1998)
	Nagasaki, Jepun (Liar)	78.9±0.8	16.5±1.1	0.7±0.1	TD	1.4±0.1	
<i>Takifugu rubripes</i>	Taipei, Taiwan (Ternak)	79.1-80.6	17.5-18.9	0.2-0.4	TD	1.1-1.4	Hwang et al. (2000)
<i>Lagocephalus wheeleri</i>	Dapeng Bay, China (Liar)	TD	19.3	1.94	TD	TD	Zhang et al. (2004)
<i>Takifugu obscurus</i>	China (Ternak)	TD	18.7	1.79	TD	TD	Gu & Zhao (2008)
	(Liar)	TD	20.2	2.38	TD	TD	
<i>Fugu obscurus</i>	Shanghai, China (Ternak)	76.9	18.4	0.83	TD	1.52	Tao et al. (2012)
<i>Fugu flavidus</i>	(Ternak)	78.0	18.1	0.81	TD	1.47	
<i>Fugu rubripes</i>	(Ternak)	77.3	17.8	0.73	TD	1.54	
<i>Lagocephalus sceleratus</i>	Antalya Bay, Turkey (Liar)	78.5	21.62	NA	TD	TD	Aydin et al. (2013)
<i>Lagocephalus lunaris</i>	Parangipettai, India (Liar)	80.32	9.22	11.25	TD	0.96	Eswar et al. (2014)
	(Liar)	86.05	8.92	11.98	TD	1.27	
<i>Takifugu obscurus</i>	Jiangsu, China (Ternak)	79.73±0.52	18.44±0.11	1.31±0.21	TD	1.42±0.04	Yuqi et al. (2014)
<i>Xenopterus naritus</i>	Kg. Manggut, Sarawak (Liar)	77.36±1.13	19.9±1.58	0.11±0.06	0.10±0.04	1.24±0.06	Mohd Nor Azman (2016)
	Kabong, Sarawak (Liar)	79.97±0.56	17.67±0.91	0.09±0.03	0.05±0.03	1.02±0.06	
<i>Lagocephalus lunaris</i>	Batu Maung, Pulau Pinang (Liar)	77.63	20.51	0.24	0.25	1.36	Data tidak diterbitkan
<i>Lagocephalus wheeleri</i>	Lumut, Perak (Liar)	79.87	18.62	0.16	0.31	1.30	

TD – Tidak dilaporkan, bb-berat basah

2.7 Status konservasi

Rajah 4 menunjukkan status konservasi ikan buntal menurut *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). IUCN adalah pihak berkuasa global ke atas status alami dan langkah-langkah pemuliharaan yang diperlukan. Menurut Stump et al. (2018), sejumlah 77% spesies ikan buntal dinilai sebagai kurang dibimbangi (*Least Concern*), 15% sebagai *Data Deficient* dan hanya peratusan kecil (8%) yang dianggap terancam (terancam teruk (*Critically Endangered*), terancam (*Endangered*) atau rentan (*Vulnerable*)).

Ikan buntal tidak disenaraikan di bawah *Convention for International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES). CITES adalah satu instrumen yang bertujuan untuk memastikan agar perdagangan antarabangsa haiwan liar dan tumbuhan tidak mengancam kelangsungan hidup mereka. Ini bermaksud, ikan buntal boleh diniagakan dan tertakluk kepada peraturan negara pengimport. Selain itu, ikan buntal juga tidak disenarai di dalam senarai pusat haiwan liar terancam atau hampir terancam (*endangered and threatened*) di Amerika Syarikat (Fish and Wildlife Service (USFWS)).

International Conservation of Nature (IUCN) Red List Criteria	CITES	U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS)
<ul style="list-style-type: none">• 77% - kurang dibimbangi (<i>Least Concern</i>),• 15% - <i>Data Deficient</i>• 8% terancam, hampir terancam atau rentan (<i>Critically Endangered, Endangered or Vulnerable</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Tidak tersenarai	<ul style="list-style-type: none">• Tidak tersenarai

Rajah 4: Status konservasi ikan buntal dari perspektif tiga instrumen konservasi antarabangsa

3.0 CIRI-CIRI RACUN IKAN BUNTAL

Racun ikan buntal atau Tetrodotoksin (TTX) adalah sangat toksik dan boleh membawa maut kepada manusia, mamalia, burung, ikan dan hidupan laut yang lain. Kematian pertama akibat memakan ikan buntal direkodkan di negara China 2,300 tahun yang lampau. Pada mulanya, TTX dipercayai hanya terdapat dalam ikan buntal, namun TTX juga telah dikesan dalam haiwan lain seperti *California newt (Taricha torosa)*, *gobies*, cacing pita, tapak sulaiman, ketam *xanthid*, belangkas, katak Costa Rica, katak hutan hujan Atlantik Brazil dan banyak lagi. Kehadiran TTX juga telah direkodkan dalam sedimen marin dan persekitaran air tawar (Mohd Nor Azman, 2016).

3.1 Dari mana datangnya racun ikan buntal?

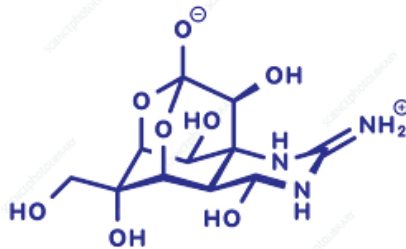
Banyak laporan telah membuktikan TTX disintesis oleh spesies-spesies bakteria yang hidup bersimbiosis dalam saluran usus ikan buntal (Noguchi et al., 2006) termasuklah bakteria *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio damsela*, *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp. Bacteria ini telah ditemui sebagai epifit pada spesies alga bercengkerang, *Jania* sp., dan *Alteromonas* sp., yang menjadi makanan ikan buntal. Bacteria penghasil TTX ini juga ditemui di persekitaran secara meluas (Simidu et al., 1987). Perkaitan ini dapat menjawab persoalan tentang tahap ketoksikan yang berbeza-beza mengikut musim dan lokasi, walaupun dalam spesies yang sama serta dari kawasan yang sama.

3.2 Pengedaran/pengagihan racun ikan buntal

TTX boleh dikesan di dalam pelbagai organ ikan buntal terutamanya hati, telur/ovari, perut/usus, kulit dan juga isi ikan buntal. Bahagian yang kerap mengandungi TTX yang tinggi adalah hati, perut, organ pembiakan, kulit dan juga isi. Racun TTX terdapat dalam pelbagai organ ikan buntal dan dalam jumlah yang berbeza mengikut spesies. Secara amnya, ikan buntal air masin mempunyai kandungan TTX yang lebih tinggi dalam hati dan ovari. Manakala, ikan buntal air payau dan air tawar mempunyai kandungan TTX yang tinggi pada kulit (Noguchi & Arakawa, 2008). Disebabkan TTX terdapat dalam pelbagai organ dalaman, ikan buntal perlu disediakan oleh tukang masak terlatih dengan lesen khas. Jika tidak disediakan dengan betul oleh penyedia berlesen, racun dari organ-organ yang disebutkan, boleh tersebar dan menyerap ke dalam isi ikan.

3.3 Ciri-ciri TTX

TTX adalah sebatian organik bukan-protein (aminoperhy-droquinazoline) dengan formula molekul $C_{11}H_{17}N_3O_8$ (**Rajah 5**) dan berat molekul 319 g/mol. Pada suhu bilik, TTX berbentuk kristal tidak berwarna dan tidak berbau. Ia stabil pada suhu tinggi dan tidak terurai semasa dimasak (Yamashita 2001). Pada suhu melebihi 220°C , warna TTX menjadi gelap, namun masih tidak terurai. TTX larut dalam asid, sedikit larut dalam air, alkohol dan dietil eter serta tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik. Terdapat sejumlah 26 analog TTX semulajadi, namun tidak semuanya boleh diperolehi secara komersial (Vaishali et al., 2014).



Rajah 5: Struktur molekular Tetrodotoksin (Neagu et al., 2006)

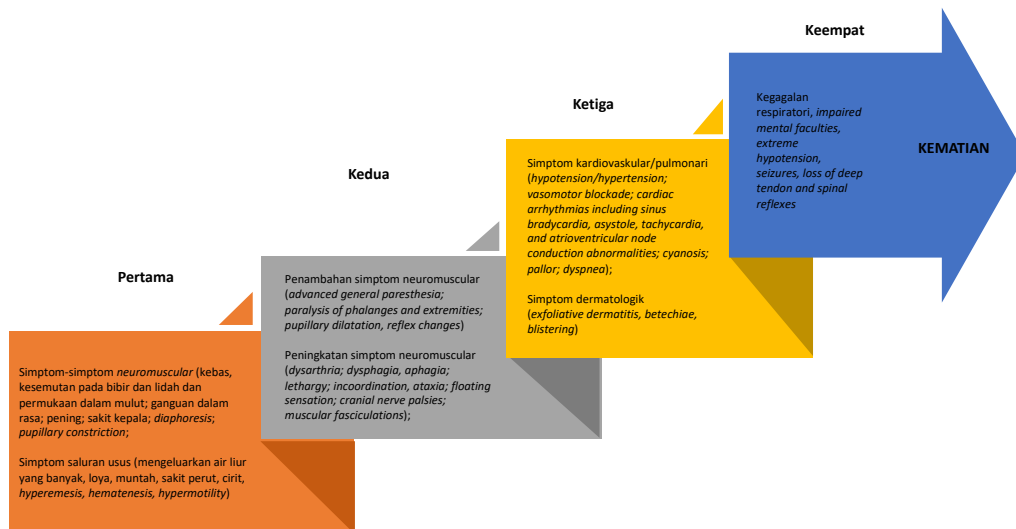
3.4 Mekanisma tindakan

TTX berfungsi dengan menyekat saluran natrium/sodium dalam sel saraf dan sel skeletal (Narahashi 2001). Ini berlaku melalui interaksi antara kumpulan guanidin bercas positif dalam TTX dengan kumpulan karboksilat bercas negatif pada liang saluran natrium. Kesan sekatan tidak mengubah potensi rehat membran neuron sebaliknya menghalang kemasukan natrium ke dalam saluran dan sekaligus menghalang penghantaran potensi tindakan yang cekap. Sekatan itu mengganggu fungsi otak serta saraf motor, deria dan autonomi dan seterusnya membawa kepada kegagalan gastrointestinal, jantung, dan neurologi.

3.5 Simptom keracunan

Keracunan berlaku apabila pengguna memakan ikan buntal yang mengandungi TTX. Permulaan keracunan dan darjah keparahan bergantung kepada kuantiti racun dalam ikan buntal, berapa lama mereka memakannya, keadaan fizikal serta kesihatan mangsa. TTX menyerang saraf dan menyebabkan kelumpuhan

otot-otot penting dan boleh membawa maut jika tidak dirawat dengan segera. Pengambilan 1-2 mg TTX sahaja, sudah boleh menyebabkan kematian. **Rajah 6** menunjukkan empat tahap simptom keracunan TTX. Kebanyakan kes kematian adalah disebabkan kegagalan sistem pernafasan yang boleh berlaku seawal 6 jam pertama sehingga selepas 20 jam pengambilan.



Rajah 6: Simptom keracunan Tetrodotoksin (Nogouchi et al., 2011)

3.6 Rawatan

Sehingga kini masih belum ada penawar atau antitoksin kepada TTX. Kebanyakan mangsa berupaya untuk pulih, jika rawatan awal dilakukan. Antara rawatan umum yang boleh diberikan adalah:

- i. *Gastric lavage* iaitu mengosongkan isi perut mangsa dengan memasukkan tiub ke dalam perut melalui mulut atau hidung, menyedut keluar kandungan makanan dan diikuti dengan bilasan beberapa kali dengan air. Prosedur ini dilakukan semasa pesakit sedar ataupun di bawah bius.
- ii. Bantuan pernafasan dan kestabilan hemodinamik (Lago et al., 2015).
- iii. Memakan arang teraktif (*activated charcoal*) bagi membantu penyerapan dan penyingkiran toksin.

4.0 KES KERACUNAN IKAN BUNTAL

4.1 Kes keracunan di peringkat global

Keracunan dan kematian disebabkan ikan buntal telah banyak dilaporkan. Menurut Guardone et al. (2020), sejumlah 3,032 kes dari lima benua telah dilaporkan, terutama dari Asia. Di Jepun, keracunan ikan buntal merupakan masalah yang serius dengan sekurang-kurangnya 50 kematian setahun walaupun ikan buntal disediakan oleh pengendali berlesen (Hossain, 2014). Keracunan TTX juga telah dilaporkan di Taiwan, Hong Kong, Thailand, Singapura, Kiribati, Fiji, Australia, Papua New Guinea, Bangladesh, Amerika Syarikat dan Brazil. Kematian akibat TTX pula direkodkan di Thailand, Cambodia, Mexico, Hong Kong, Australia, Taiwan, Korea Selatan, Bangladesh, termasuk Malaysia (**Jadual 2**).

Jadual 2: Antara kes keracunan ikan buntal yang dilaporkan di seluruh dunia

Negara	Spesies penyebab	Bilangan kes	Tahun	Rujukan
Australia	Tidak dilaporkan	11	2002	Isbister et al. (2002)
	Tidak dilaporkan	7	2004	O'Leary et al. (2004)
Bangladesh	<i>Takifugu oblongus</i> , <i>Arothron stellatus</i>	141	2008	Islam et al. (2011)
	Tidak dilaporkan	53	2001-2006	Chowdhury et al. (2007)
	Tidak dilaporkan	37 (8 maut)	2002	Ahasan et al. (2004)
	<i>Takifugu oblongus</i>	36 (7 maut)	2002	Ahmed et al. (2006)
	<i>Takifugu oblongus</i>	8 (5 maut)	1998	Mahmud et al. (1999)
	Tidak dilaporkan	6	2005	Chowdhury et al. (2007)
Brazil	Tidak dilaporkan	11	2014	Islam et al. (2018)
	Tidak dilaporkan	11	-	Simoes et al., 2014
	Tidak dilaporkan	27 (2 maut)	1984-2009	Neto et al. (2010)
Cambodia	Tidak dilaporkan	1 (1 maut)	-	Nunez-Vazquez et al. (2000)
	Tidak dilaporkan	57 (9 maut)	2003-2007	Ngy et al. (2008)

Negara	Spesies penyebab	Bilangan kes	Tahun	Rujukan
Japan	<i>Takifugu poecilonotus</i>	1	2008	Arakawa et al. (2010)
	<i>Lagocephalus lunaris</i>	11	2008-2009	Nagashima et al. (2011)
India	Tidak dilaporkan	8	2007	Behera et al. (2008)
Egypt dan Israel	<i>Lagocephalus sceleratus</i>	13	2005-2008	Bentur et al. (2008)
Lebanon	<i>Lagocephalus sceleratus</i>	1	2008	Chamandi et al. (2009)
	<i>Lagocephalus sceleratus</i>	1	2022	Al-Sulaimani et al. (2022)
Mexico	Tidak dilaporkan	18 (2 maut)	1970-2000	Nunez-Vazquez et al. (2000)
Oman	Tidak dilaporkan	5	2018	Alhatali et al. (2021)
Singapore	Tidak dilaporkan	1	2013	Yong et al. (2013)
South Korea	Tidak dilaporkan	40	1995-1998	Ahn et al. (1999)
	Tidak dilaporkan	111 (30 maut)	1991-2002	Kim et al. (2003)
	Tidak dilaporkan	41	2004-2010	Hyun et al. (2011)
	Tidak dilaporkan	7	2002-2011	Wi (2012)
Taiwan	<i>Lagocephalus lunaris</i>	6 (1 maut)	2001	How et al. (2003)
Thailand	<i>Tetraodon fangi</i>	6	1988	Laobhripatr et al. (1990)
	Tidak dilaporkan	6 maut	2001	Kungsuwan et al. (2001)
USA	<i>Diodon hystrix</i>	1	1986	Sims et al. (1986)
	Tidak dilaporkan	2	2007	Cohen et al. (2009)
UAE	Tidak dilaporkan	1	2022	Al Homsy et al. (2022)

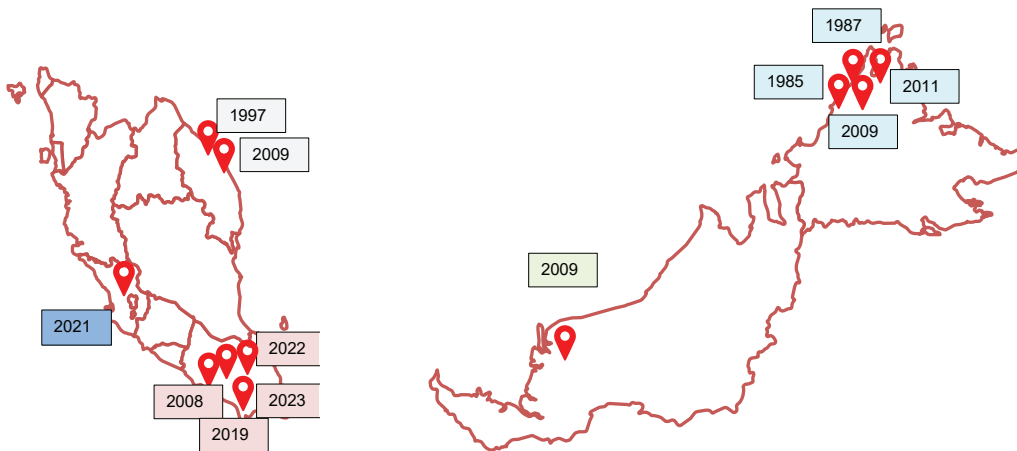
4.2 Kes keracunan di Malaysia

Walaupun pengambilan ikan buntal sebagai makanan bukanlah satu kebiasaan melainkan di beberapa kawasan di Sarawak, namun, terdapat beberapa kes keracunan akibat daripada memakan ikan buntal dilaporkan di Malaysia. Beberapa kejadian keracunan telah dilaporkan dari tahun 1985 hingga 2023 (**Jadual 3**) dan perincian lokasi kes kejadian ditunjukkan dalam **Rajah 7**. Daripada **Rajah 7**, dapat dilihat kes keracunan TTX paling banyak dilaporkan di Sabah dan Johor iaitu sebanyak empat kali, diikuti dengan Terengganu (dua kejadian) dan satu kejadian di Selangor serta Sarawak masing-masing.

Jadual 3: Kes keracunan ikan buntal di Malaysia (1985-2023)

Tahun	Bilangan kes	Lokasi	Rujukan
1985	4 (1 maut)	Sabah	Lyn (1985)
1987	18 (9 maut)	Sabah	Kan et al. (1987)
1997	1	Terengganu	Loke & Tan (1997)
2008	34 (2 maut)	Johor	Chua & Chew (2009), UPI, (2008)
2009	5 (1 maut) 2 (1 maut); 2 (2 maut)	Terengganu, Sarawak Sabah	Murali (2009); Razak et al. (2009)
2011	30 (3 maut)	Sabah	Suleiman et al. (2017).
2019	1	Johor	Mohd Adzwan et al. (2019)
2021	2	Selangor	Pers. comm.
2022	2	Johor	Pers. comm.
2023	2 (2 maut)	Johor	Berita Harian 28 Mac 2023; The Star 8 April 2023

Kes pertama keracunan ikan buntal dilaporkan di Sabah pada tahun 1985 dengan satu kematian selepas memakan ikan buntal yang digoreng. Kes kedua juga di Sabah yang melibatkan 18 orang mangsa daripada tujuh keluarga dengan bilangan kematian paling tinggi (sembilan orang). Mangsa yang maut adalah daripada dua keluarga bersaudara yang terdiri daripada empat kanak-kanak serta ibu dan bapa dalam keluarga yang pertama serta seorang kanak-kanak dan dua dewasa dalam keluarga yang satu lagi. Kes ini disebabkan memakan telur dan ikan buntal yang dimasak kari. Walau bagaimanapun, spesies ikan buntal yang dimakan tidak diketahui. Sebagai rekod terdapat lima spesies ikan buntal yang biasa didapati di muara dan perairan pantai Sabah iaitu *Chelonodon patoca*, *Lagocephalus gloveri*, *L. lunaris*, *L. sceleratus* dan *Arothron manilensis* (Kan et al., 1987).



Rajah 7: Keracunan Tetrodotoksin di Malaysia (1985-2023) disebabkan memakan ikan buntal

Kes keracunan ikan buntal seterusnya berlaku pada tahun 1997 di Terengganu, di mana seorang warga emas berusia 69 tahun dilaporkan mengalami keracunan akibat daripada memakan telur ikan buntal. Tahun 2008 mencatatkan bilangan kes yang paling tinggi iaitu sebanyak 34 kes dengan dua kematian akibat memakan ikan buntal pisang yang dibeli di pasar sekitar Johor Bharu. Pada tahun 2009, kes keracunan telah dilaporkan di tiga negeri iaitu di Terengganu (lima), Sabah (dua) dan Sarawak (dua) dengan empat kematian. Kejadian di Terengganu melibatkan nelayan yang memakan telur ikan buntal kerisi atau *Lagocephalus lunaris*. Siasatan makmal yang dilakukan menunjukkan kandungan TTX yang tinggi di dalam telur dan hati ikan. Sementara itu, kejadian yang melibatkan dua kes kematian di Sarawak pula adalah akibat memakan telur ikan buntal kuning masin. Kes keracunan di Kota Marudu Sabah pada tahun 2011, adalah akibat memakan belangkas *Carcinoscorpius rotundicauda* dan bukannya ikan buntal. Dilaporkan 30 kes keracunan telah berlaku dengan tiga kematian akibat memakan telur belangkas. Pada tahun 2019, di Johor seorang kanak-kanak lelaki berumur tiga tahun telah dimasukkan ke Unit Rawatan Rapi, manakala ibunya hanya mengalami kebas di bahagian mulut akibat daripada memakan hidangan ikan buntal semasa makan malam.

Pada bulan November, 2021, dua kes keracunan ikan buntal dilaporkan berlaku ke atas pasangan suami isteri berumur dalam lingkungan 65-70 tahun di Selangor di mana salah seorang telah dimasukkan ke Unit Rawatan Rapi. Ikan buntal yang dimakan, dibeli dari Kluang, Johor secara dalam talian. Pada Ogos 2022, di Johor, sepasang suami isteri telah mengalami keracunan ikan buntal setelah tiga jam memakan ikan buntal berbentuk "drumstick" yang

siap disiang dan dibuang bahagian kepala. Kes terbaharu keracunan ikan buntal pada bulan Mac 2023, juga berlaku di Johor, di mana sepasang suami isteri warga emas (84 dan 83 tahun) telah mengalami keracunan dan akhirnya menemui maut akibat memakan ikan buntal yang digoreng. Ikan buntal yang dibeli juga dalam keadaan yang telah siap disiang dan dibuang bahagian kepala daripada penjual ikan tempatan (**Foto 6**).



Foto 6: Keratan akhbar kejadian keracunan terikini
(Sumber: <https://www.sinarharian.com.my/article/252258/berita/nasional/kkm-tidak-benar-penjualan-ikan-buntal>)

Dari data-data yang dipersembahkan dapat dilihat, kes keracunan ikan buntal semakin kerap berlaku. Ini mungkin disebabkan oleh pengurangan berterusan pendaratan ikan komersial dan penggunaan ikan-ikan bernilai rendah untuk mendapat pulangan yang lebih. Penjelasan ini memang berasas kerana pada tahun 2017, penjualan filet ikan buntal telah dilaporkan di sekitar Pulau Pinang, Kedah dan Perak. Ikan buntal ini diperolehi daripada jati pendaratan Batu Maung, Pulau Pinang antaranya (**Foto 7**). Filet ikan buntal dikatakan telah disiang oleh pengendali terlatih dengan 10 tahun pengalaman dan filet yang disediakan dijual dengan nama "ikan kristal" ke restoran makanan laut dan pasar basah dengan harga sekitar RM18-RM20/kg (**Foto 8**). Penggunaan nama ikan kristal mungkin bertujuan untuk mengeliru dan menghilangkan rasa bimbang pengguna. Kejadian ini dihebahkan dibanyak saluran media dan telah menimbulkan kebimbangan di pihak Jabatan Kesihatan Negeri Pulau Pinang kerana dikhuatiri memberi kemudahan kepada pengguna.

Terdapat juga laporan yang mengatakan ikan buntal boleh dibeli secara dalam talian. Ini tidak mustahil dan mampu meningkatkan potensi kes keracunan ikan buntal di masa hadapan. Nelayan yang memproses ikan buntal mungkin tidak mempunyai pengetahuan mengenai spesies ikan buntal. Ini adalah kerana, terdapat spesies ikan buntal yang secara luarannya nampak sama terutamanya spesies ikan buntal yang biasa ditangkap iaitu ikan buntal pisang, namun mempunyai spesies yang berlainan. Sesetengah ikan buntal adalah berisiko tinggi untuk dimakan dan masalah timbul sekiranya nelayan mencampuradukkan ikan buntal yang biasa dimakan dengan yang berisiko. Kebanyakan kes keracunan berlaku disebabkan pengguna tidak mengetahui atau mengenali spesies ikan buntal.



Foto 7: Laporan akhbar mengenai pendaratan dan penjualan ikan buntal



Foto 8: Filet 'ikan kristal'

5.0 KAEDAH PENGESANAN RACUN IKAN BUNTAL

Terdapat beberapa kaedah yang digunapakai untuk mengesan TTX, yang merangkumi kaedah konvensional, imunoenzim, kromatografi dan yang terkini biosensor. Berikut disenaraikan antara kaedah pengesanan yang digunakan:

5.1 Bioassai tikus

Pengesanan TTX dibuat dengan menyuntik ekstrak sampel yang mengandungi TTX secara *intraperitoneal* ke dalam tiga ekor tikus jantan dengan berat 20 g. Pemerhatian ke atas gejala/simptom khusus direkodkan dan paras TTX diukur melalui masa kematian tikus (Yu et al., 2004). Kaedah ini merupakan kaedah paling awal digunakan. Walaupun mudah dan murah, kaedah ini tidak begitu tepat kerana simptom yang ditunjukkan agak umum dan menyerupai simptom toksin lain seperti toksin *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP). Kaedah ini juga tidak memberikan maklumat tentang komposisi toksin. Keputusan analisis juga bergantung kepada strain, jantina dan berat tikus. Bioassai tikus tidak sesuai untuk pernyataan secara kuantitatif (Micheli et al., 2002) dan kaedah ini memerlukan bekalan tikus dengan saiz tertentu yang berterusan. Walau bagaimanapun, kaedah ini masih digunakan di negara tertentu untuk tujuan pemantauan. Namun penggunaannya sedang dihapuskan secara perlahan atas tekanan pihak-pihak tertentu berkaitan penggunaan haiwan ujian.

5.2 Kromatografi Lapisan Nipis (*Thin Layer Chromatography*)

Asas kepada kaedah Kromatografi Lapisan Nipis (TLC) adalah pemisahan dan pengenalpastian sebatian yang terdapat dalam ekstrak sampel TTX, juga boleh digunakan untuk menentukan ketulenan bahan tertentu dalam campuran tersebut. Bahan tulen akan menunjukkan hanya satu tempat pada plat TLC yang dibangunkan. Walau bagaimanapun, kaedah ini hanya secara kualitatif sahaja dan bukan kuantitatif. Kaedah ini telah digunakan untuk menentukan toksisiti ikan buntal daripada spesies *Lagocephalus* yang terdapat di Pantai Timur Semenanjung Malaysia (Simon et al., 2009).

5.3 Immunoassai enzim (*Enzyme immunoassay*)

Immunoassai enzim (EIA) digunakan secara meluas dalam kedua-dua bidang klinikal dan penyelidikan untuk membantu kuantiti yang cepat, mudah, tepat dan khusus tetapi juga kos efektif bagi banyak molekul kecil yang penting secara biologi. Kit EIA (**Foto 9**) yang pantas dan sensitif untuk analisis kuantitatif TTX dalam ikan buntal telah dibangunkan oleh Kawatsu et al. (1997). Sistem EIA ini dapat mengesan TTX pada tahap yang lebih rendah daripada yang dapat dikesan menggunakan bioassai tikus. Walau bagaimanapun, kaedah ini masih tidak dapat mengenal pasti terbitan TTX yang lain dan ia memerlukan antibodi primer dan sekunder yang kosnya sangat mahal (Bane et al., 2014).



Foto 9: Enzyme immunoassay (EIA)

5.4 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Kaedah pengesanan HPLC (**Foto 10**) terutamanya menggunakan derivatisasi selepas kolom diikuti oleh pengesanan pendarfluor (HPLC-FLD) telah diterokai secara kualitatif dan kuantitatif bagi analisis TTX dan terbitannya untuk menggantikan bioassai tikus (Yotsu et al., 1989). Kaedah ini sensitif dan boleh memisahkan serta mengesan kandungan TTX dan terbitannya tanpa mengira bilangan dan kumpulannya. Walau bagaimanapun, beberapa pengenalpastian terbitan TTX sukar dikesan menggunakan LC-FLD kerana variasi besar dalam intensiti pendarfluor pada struktur molekul bagi spesies yang berbeza. TTX dikesan di dalam ikan buntal *Diodon liturosus* yang ditemui di Laut Andaman menggunakan HPLC (Firoz et al., 2013).



Foto 10: High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

5.5 *Liquid Chromatography - Mass Spectrometry (LC-MS)*

LC-MS (**Foto 11**) adalah teknik yang paling jitu dan digunakan secara meluas untuk analisis TTX dan terbitannya dalam ikan buntal (Ye et al., 2022; Mohd Nor Azman et al., 2014; Nagashima et al., 2011) dan organisma lain seperti *newt*, ketam, kerang-kerangan, gastropod, sotong, bakteria dan darah/urin manusia (Nzoughet et al., 2013; Cho et al., 2012; Fong et al., 2011; Leung et al., 2011; Yotsu-Yamashita et al., 2011; McNabb et al., 2010; Yang et al., 2010; William & Caldwell, 2009).



Foto 11: *Liquid Chromatography - Mass Spectrometry (LC-MS)*

5.6 *Lain-lain kaedah baharu*

Selain itu ada beberapa teknik lain yang juga boleh mengesan TTX secara kuantitatif seperti kromatografi gas (*gas-chromatography-mass spectrometry (GC-MS)*), spectrometer infra merah (*infrared (IR) spectrometry*) dan spectrometer resonan magnetik (*nuclear magnetic resonance (NMR) spectrometry*) (Madejska et al., 2019). Kaedah-kaedah ini sangat jitu, tetapi masa pengecaman mungkin sedikit lama kerana memerlukan langkah-langkah penulenan ekstrak TTX yang ekstensif dan justeru itu tidak sesuai untuk program pemantauan yang memerlukan saringan yang cepat dan dalam jumlah sampel yang banyak. Kelemahan lain adalah alat-alat ini sangat mahal, memerlukan

pengendalian daripada juruanalisis berkemahiran tinggi serta memerlukan penyelenggaraan yang baik secara berkala.

Terkini kaedah biosensor telah ditonjol sebagai kaedah pemantauan alternatif untuk biotoksin marin termasuk TTX. Secara umumnya kaedah ini menggunakan antibodi khusus antitetradotoxin sebagai pelapor biologi dan pengesanan amperometrik dengan elektrod bercetak skrin. Biosensor tisu telah dibangunkan dengan membran pundi kencing katak, yang mempunyai kepekatan tinggi saluran Na^+ dan, oleh itu, elektrod khusus Na^+ mengukur pengangkutan Na^+ melalui membran dan perencatan yang bergantung kepada dos oleh Tetradotoksin. Selain itu, biosensor TTX berdasarkan perencatan fungsi sel telah direka menggunakan rangkaian neuron saraf tunjang murine yang dibiakkan pada tatasusunan mikroelektrod di mana tindak balas biologi dipantau sebagai potensi ekstraselular. Di samping itu beberapa ujian imunosorben berkaitan enzim telah dibangunkan juga untuk pengesanan TTX, sebahagian daripadanya menyediakan asas untuk pembangunan biosensor berasaskan antibodi elektrokimia. Kaedah yang lebih terkini untuk pengesanan TTX telah digunakan menggunakan resonans plasmon permukaan dan diskriminasi daya bendalir yang mencapai tahap sensitiviti yang rendah.

5.7 Makmal analisis TTX di Malaysia

Di Malaysia, tiada program pemantauan khusus dijalankan untuk TTX atas sebab-sebab kekurangan sumber di makmal-makmal kerajaan. Namun keupayaan analitikal telah dibangunkan untuk pengesanan TTX. Buat masa ini, dua makmal yang mampu menjalankan analisis toksin TTX iaitu Pusat Biosekuriti Perikanan, Kuala Lumpur, Jabatan Perikanan Malaysia dengan menggunakan kaedah EIA dan Makmal Keselamatan dan Kualiti Makanan, Klang, Selangor, di bawah Kementerian Kesihatan Malaysia yang menggunakan kaedah LC-MS/MS.

6.0 PERATURAN PARAS SELAMAT TETRODOTOKSIN DAN PENJUALAN IKAN BUNTAL DAN PRODUK

Kehadiran TTX serta kejadian kes keracunan yang signifikan telah menimbulkan kebimbangan akan risiko keselamatan pengguna. Justeru, beberapa negara telah mencadangkan paras selamat TTX atau paras yang dibenarkan dalam tisu makanan laut. Di beberapa negara, terdapat polisi atau peraturan berkaitan kandungan TTX yang dianggap selamat dalam ikan buntal atau makanan lain yang berkaitan (**Jadual 4**). Buat masa ini, kebanyakan paras selamat yang dicadangkan banyak merujuk kepada negara Jepun. Secara umumnya., jika saiz bahagian ikan buntal melebihi 1,000 g atau jika kepekatan TTX dalam ikan melebihi 10 (*Mouse Unit* (MU)/g (2 mg/kg), ikan itu dianggap berisiko tinggi untuk dimakan kerana menyebabkan potensi keracunan (Tani, (1945); Endo, (1984). Satu (1) MU ditakrifkan sebagai jumlah racun yang diperlukan untuk membunuh seekor tikus jantan strain ddY (berat badan 20 g) dalam masa 30 minit selepas disuntik secara *intraperitoneal*. Jumlah ini bersamaan dengan kira-kira 0.2 µg TTX.

Jadual 4: Paras selamat TTX yang diguna pakai oleh beberapa negara

Negara (Keterangan)	Nilai toksisiti	Rujukan
Jepun (Minimum Dos Maut)	2 mg/50 kg berat badan	Tani (1945)
Jepun (Minimum Dos Akut)	0.2 mg/50 kg berat badan	
Jepun (Paras yang diterima)	2.2 µg TTX eq/g dari isi ikan 10 <i>Mouse Unit</i> TTX eq/g	
Jepun (Had peraturan)	2000 µg/kg TTX eq (2 ppm)	
USA (Paras yang dibenarkan dalam makanan)	Zero	Yakes et al. (2010)
Eropah	Tiada	Bane et al. (2014)

Selain daripada paras selamat yang spesifik, sebagai tambahan, negara Jepun memberikan skor toksisiti untuk ikan buntal. Skor toksisiti TTX antara 10-100 (MU/g) dikelaskan sebagai kurang toksik, skor 100-1,000 TTX (MU/g) dikelaskan sebagai sederhana toksik dan paras >1,000 TTX (MU/g) dikategorikan sebagai sangat toksik (Noguchi et al., 2006). Selain daripada itu, terdapat juga peraturan mengenai penjualan, pengendalian dan penggunaan ikan buntal di beberapa negara seperti yang dikongsikan dalam **Jadual 5**.

Jadual 5: Peraturan mengenai penjualan dan penggunaan ikan buntal di beberapa negara (diubah suai daripada Anon, 2014)

Negara	Peraturan
Kesatuan Eropah	Produk perikanan yang disediakan menggunakan ikan beracun di bawah keluarga Tetraodontidae, Molidae, Diodontidae dan Canthigasteridae, tidak boleh diletakkan dipasarkan - <i>European Commission Directives 853/2004 (EC, 2004)</i>
Turkiye	Melarang penangkapan dan penjualan ikan buntal (Tetraodontidae)
Jepun	<ul style="list-style-type: none"> • Preskripsi bahagian mana daripada 21 spesies ikan buntal yang boleh dimakan. • Keperluan khusus kawasan penuaian untuk ikan buntal tertentu • Latihan khusus mengenai pengendalian ikan buntal, keperluan pendaftaran untuk chef, keperluan untuk restoran dan peraturan mengenai penternakan ikan buntal
China	Melarang perdagangan makanan dari ikan buntal yang diproses, walaupun ikan buntal diternak untuk diekspor
Taiwan	Nelayan tidak boleh menangkap atau menternak ikan buntal untuk dibekalkan bagi pemprosesan makanan dan sebagai bahan ramuan dalam penyediaan makanan.
Kanada	Pengimportan ikan buntal dari famili Tetraodontidae dilarang sama sekali
New Zealand	Ikan buntal ialah "makanan yang dipreskrip" dan dipantau untuk kehadiran tetrodotoksin (iaitu, kehadiran tetrodotoksin akan menyebabkan import gagal dan tidak akan dibenarkan untuk diimport ke New Zealand).

Negara	Peraturan
Singapura	<ul style="list-style-type: none">• Sijil kesihatan diperlukan untuk semua ikan buntal atau fugu yang diimport.• Sijil hendaklah dikeluarkan oleh pihak berkuasa yang dilantik kerajaan yang berkaitan di negara pengekspor, antara keperluan lain yang menyatakan bahawa tetrodotoksin dalam ikan telah dikeluarkan oleh chef bertauliah dan sesuai untuk dimakan manusia.• Import ikan buntal hidup tidak lagi dibenarkan
Amerika Syarikat	<ul style="list-style-type: none">• Pengimportan peribadi adalah dilarang• Pengimportan fugu beku Jepun dari organisasi di Jepun di mana penghantaran disahkan selamat oleh pegawai Kerajaan Jepun kepada pengimport tunggal di bandar New York tidak lebih daripada tiga kali setahun.• Ikan yang disiang diedarkan kepada kurang daripada 20 restoran ahli organisasi AS di mana chef telah menjalani latihan khas untuk mengendalikan ikan.

7.0 PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D) BERKAITAN IKAN BUNTAL DI MALAYSIA

Jadual 6 menyenaraikan sebilangan besar kertas-kertas penyelidikan yang telah diterbitkan di Malaysia dalam skop-skop yang tertentu. Senarai tesis berkaitan buntal oleh penyelidik-penyelidik dari Malaysia pula disenaraikan dalam **Jadual 7**. Dari maklumat yang disenaraikan, dapat disimpulkan bahawa kajian mengenai biologi, genetik dan akuakultur buntal telah banyak dijalankan di Malaysia.

Jadual 6: Pelbagai skop R&D berkaitan ikan buntal dan keracunan di Malaysia

Skop	Tajuk	Rujukan
Kes keracunan dan pengesanan racun TTX	Puffer fish poisoning.	Berry (1969)
	Comparative lethality of tissue extracts from the Malaysian puffer fishes, <i>Lagocephalus lunaris lunaris</i> , <i>L. spadiceus</i> and <i>Arothron stellatus</i> .	Berry & Hassan (1973)
	Puffer fish poisoning: four case reports.	Lyn (1985)
	Nine fatal cases of puffer fish poisoning in Sabah, Malaysia.	Chan & David (1987)
	A unique case of tetrodotoxin poisoning.	Loke & Tan (1997)
	Development of antibody against tetrodotoxin: a new tool for the study on the origin and metabolism of tetrodotoxin.	Mohd Nor Azman (2008)
	The morphology and toxicity studies of Green Spotted Puffer, <i>Tetraodon nigroviridis</i> from Sungai Bako, Kuching, Sarawak	Nur Amalina (2008)
	Length-weight and length-length relationships of archer and puffer fish species.	Simon & Mazlan (2008)
	Case Report-Pufferfish Poisonings in Malaysia	Lajis et al. (2009)
	Puffer fish poisoning: a family affair.	Chua & Chew (2009)
	Toxicity of puffer fishes (<i>Lagocephalus wheeleri</i> Abe, Tabeta and Kitahama, 1984 and <i>Lagocephalus sceleratus</i> Gmelin, 1789) from the East Coast Waters of Peninsular Malaysia.	Simon et al. (2009)

Skop	Tajuk	Rujukan
	Screening of tetrodotoxin in puffers using gas chromatography–mass spectrometry.	Man et al. (2010)
	Biology, gut content, and toxicity studies of spotted-green puffer fish (<i>T. nigroviridis</i>) collected from Sampadi, Kuching.	Sarmila (2010)
	Toxicity and toxin properties study of puffer fish collected from Sabah Waters.	Ma (2011)
	Occurrence of tetrodotoxin in red-eye puffers from Balai Ringin, Sarawak	Nik Nor Fathiah (2011)
	Toxicity and toxin properties of puffer fish collected from Kuching coastal waters	Shareena (2012)
	Detection of tetrodotoxin and saxitoxin in dried salted yellow puffer fish (<i>Xenopterus naritus</i>) eggs from Satok Market, Kuching, Sarawak.	Mohd Nor Azman & Wan Norhana (2013)
	Tetrodotoxin in various tissues of yellow puffer fish, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson 1848) from Betong, Sarawak, Malaysia.	Mohd Nor Azman et al. (2013)
	Distribution of tetrodotoxin among tissues of puffer fish from Sabah and Sarawak waters.	Mohd Nor Azman et al. (2014).
	Tetrodotoxin identification of Yellow Puffer Fish, <i>Xenopterus naritus</i> from Kg. Manggut, Sarawak, Malaysia.	Mohd Nor Azman et al. (2015)
	Study of paralytic shellfish toxin in Bornean red-eye puffer	Lam (2016)
	An outbreak of tetrodotoxin poisoning from consuming horseshoe crabs in Sabah.	Suleiman et al. (2017)
	The puffer fish attack.	Adzwan (2019)
	A review of published literature regarding health issues of coastal communities in Sabah, Malaysia.	Azzeri et al. (2020)
	Pharmacophore modelling of vanillin derivatives, favipiravir, chloroquine, hydroxychloroquine, monolaurin and tetrodotoxin as M pro inhibitors of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2).	Law et al. (2020)

Skop	Tajuk	Rujukan
	Venomous stings and bites in the tropics (Malaysia): Review (Non-Snake Related).	Xin et al. (2021)
	First report on tetrodotoxin in puffer fish (<i>Lagocephalus</i> sp.) fillet from fish landing jetty, Penang, Malaysia	Mohd Nor Azman et al. (in press)
Pengecaman genetik	DNA barcoding analysis of larval fishes in Peninsular Malaysia.	Azmir et al. (2020)
	Forensics: Food authentication using MtDNA.	Murugaiah et al. (2015)
Nilai nutrisi	Detection of mislabelled seafood products in Malaysia by DNA barcoding: Improving transparency in food market.	Chin et al. (2016)
	DNA barcoding revealed mislabeling and potential health concerns with roasted fish products sold across China.	Xiong et al. (2019)
	Assessment of proximate composition and tetrodotoxin content in the muscle of yellow puffer fish, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson 1848) from Sarawak, Malaysia.	Mohd Nor Azman et al. (2015)
Biologi	Nutritional Compositions in the Muscle of Yellow Puffer Fish, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson, 1848) from Kg. Manggut and Kabong, Sarawak, Malaysia.	Mohd Nor Azman et al. (2018)
	Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat.	Hajisamae et al. (2003)
	Feeding habit of yellow puffer (<i>Xenopterus naritus</i>) at Batang Saribas	Tan (2004)
	Morphology and stomach content analysis of green rough-backed puffer fish, <i>Lagocephalus lunaris</i> from Kuching, Sarawak.	Mohamad & Isa (2013)
	Preliminary study on larvae production of green spotted puffer, <i>Tetraodon nigroviridis</i>	Nur Afifah (2015)
	Development of yellow puffer, <i>Xenopterus naritus</i> embryo and its tetrodotoxin studies	Suhainan (2016)
	Reproductive biology study of Bornean red-eye puffer, <i>Carinotetraodon borneensis</i>	Syamira (2017)

Skop	Tajuk	Rujukan
Sumber	Reproductive biology study of yellow puffer fish, <i>Xenopterus naritus</i> of Sarawak waters	Syamimi (2017)
	Growth pattern and length-weight relationships model of estuarine fish in the Matang mangrove estuaries, Malaysia.	Mohd Khatib & Azim (2021)
	Study of reproductive activity, maturity stages and tetrodotoxin in Yellow Pufferfish, <i>Xenopterus naritus</i> .	Bakri (2016)
	The status of yellow pufferfish, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson, 1848) from the Southwest coast of Sarawak, Northwestern Borneo, Malaysia.	Nasir et al. (2017)
	Design and construction of artificial reefs in Malaysia.	Noordin et al. (1994)
	<i>Carinotetraodon salivator</i> , a new species of pufferfish from Sarawak, Malaysia (Teleostei: Tetraodontidae)	Lim & Kottelat (1995)
	Preliminary analysis of demersal fish assemblages in Malaysian waters. Assessment, management and future directions for coastal fisheries in Asian countries	Man (2003)
	Ecology and fecundity of puffer fish <i>Xenopterus naritus</i> (Tetraodontidae) in Batang Saribas	Regina (2004)
	Komponen dan kedudukan ikan baja dalam hasil tangkapan bagi zon pesisir timur, Johor Darul Takzim. The studies of Johor East Coast: Preserve Mersing Heritage.	Samat et al. (2010)
	Preliminary study of golden yellow pufferfish, <i>Xenopterus naritus</i> in Sarawak.	Imelda et al. (2012)
Ichthyofauna on a tropical mudflat: implications of spatial and temporal variability in assemblage structure and abundance.	Lee et al. (2016)	
The status of yellow pufferfish, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson, 1848) from the Southwest coast of Sarawak, Northwestern Borneo, Malaysia.	Nasir et al. (2017)	

Skop	Tajuk	Rujukan
	Early life history of yellow puffer, <i>Chonerhinos naritus</i> (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo	Nasir et al. (2020)
	Family and species composition of fishes caught from Marudu bay, Sabah, Malaysia.	Mohd Azim (2015)
	Ichthyofauna of Sungai Merbok Mangrove Forest Reserve, northwest Peninsular Malaysia, and its adjacent marine waters.	Abidin et al. (2021)
Lain lain	Ikan buntal kuning (<i>Lagocephalus lunaris</i>), sebagai produk pelancongan di Betong Sarawak.	Yakop & Ari (2008)
	Make the deadly yellow puffer fish a safe food to eat.	Hajeb et al. (2012)
	Extraction of acid and pepsin soluble collagen from selected Malaysian freshwater fish muscles: modified Lowry's measurement method.	Kiew & Mat Don (2013)
	The first reported artificial propagation of yellow puffer, <i>Xenopterus naritus</i> (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo	Ahmad Syafiq et al. (2016)

Jadual 7: Tesis berkaitan ikan buntal oleh penyelidik Malaysia

Bil	Tajuk	Tahun	Peringkat pengajian	IPTA	Pengarang
1.	Isolation and characterisation of tetrodotoxin (TTX) from Malaysian pufferfish <i>Gastrophysus lunaris</i> , <i>Torquigener oblongus</i> and <i>Chelonodon fluviatilis</i> and its effect on the nervous system.	2000	PhD	Universiti Malaya	Teoh, Teow Chong
2.	Preliminary molecular study on yellow pufferfish (<i>Xenopterus naritus</i>) and green-spotted pufferfish (<i>Tetraodon nigroviridis</i>).	2008	PhD	Universiti Malaysia Sarawak	Siaw, Li Ching
3.	Genetic variation of <i>Lagocephalus lunaris</i> species puffer fish using mitochondrial cytochrome B gene.	2010	PhD	Universiti Malaysia Sarawak	Lim, Wand Suan.
4.	Morphology and stomach content analysis of green rough-backed puffer fish, <i>Lagocephalus lunaris</i> from Kuching, Sarawak.	2011	PhD	Universiti Malaysia Sarawak	Fadhilah Isa
5.	Fish and trophic connectivity across coral reef and mangrove habitats of northeastern Langkawi Island, Peninsular Malaysia.	2014	PhD	Universiti Malaya	Lau Chai Ming
6.	Morphology and toxin study of puffer fish collected from Sabah and Sarawak waters.	2013	MSc	Universiti Malaysia Sarawak	Monaliza Mohd Din
7.	Diversity and population dynamics of estuarine fishes and Crustaceans in Marudu Bay Malaysia.	2014	MSc	Universiti Putra Malaysia	Mohd Azim Mohd Khatib

Bil	Tajuk	Tahun	Peringkat pengajian	IPTA	Pengarang
8.	Determination of tetrodotoxin isolated from various tissues of several puffer fish species from Malaysian waters.	2016	PhD	Universiti Malaysia Sarawak	Mohd Nor Azman Ayub

Selain daripada kertas teknikal dan tesis, terdapat beberapa dokumentasi lain yang berkaitan dengan ikan buntal antaranya adalah poster-poster untuk tujuan pendidikan dan kesedaran kepada orang awam. Antaranya adalah poster oleh UNESCO/IOC/WESTPAC yang dialih bahasa ke Bahasa Melayu (**Foto 12**). Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia, juga ada mencetak beberapa poster berkaitan ikan buntal termasuklah spesies-spesies yang terdapat di Malaysia, gejala keracunan dan sebagainya (**Foto 13-15**).

Maklumat dan Panduan

Tetrodotoksin stabil terhadap suhu panas dan tidak boleh dimusnahkan semasa proses memasak.

Isi, hati, kulit dan telur (gonad) ikan buntal boleh menyebabkan keracunan.

Kebanyakan ikan buntal laut adalah beracun, manakala hanya sebahagian ikan buntal air tawar beracun.

Tiada antidot atau rawatan yang berkesan untuk merawat kes keracunan ikan buntal.

Hanya restoran yang berlesen di sesetengah negara diiktiraf dalam penyediaan ikan buntal.

Elakkan dari memproses atau menyediakan ikan buntal untuk di makan tanpa mengetahui penyediaan atau prosedur yang betul.



Lattice biasaop



PUFFER FISH POISONING



Talian Kecemasan

Sekiranya berlaku keracunan dan anda mengalami gejala-gejala keracunan **SEGERA** laporkan dan dapatkan rawatan di agensi berikut:

- Hospital atau Klinik Kerajaan terdekat
- Pusat Racun Negara (USM)
- Pusat-pusat Penyelidikan Perikanan






UNESCO IOC/WESTPAC
Toxic Marine Organisms Project

Sindrom penyebab ancaman nyawa manusia disebabkan oleh memakan ikan buntal

Apa itu Keracunan Ikan Buntal?

Keracunan Ikan Buntal adalah disebabkan oleh kesan memakan ikan buntal yang mengandungi tetrodotoksin sejenis toksin saraf. Toksin ini sukar dimusnahkan dan stabil pada tahap kepanasan. Paras toksin didalam tisu ikan buntal adalah berbeza mengikut musim.



Lagocephalus lunaris
Buntal Pisang Kasar

Rawatan Keracunan

- "Gastric lavage"
- Rawatan Memakan Arang Teraktifkan
- Ubat Anti-kolinasterase


Ikan Buntal Toksik

Ikan-ikan buntal bertoksik yang menyebabkan kes keracunan di Perairan Pasifik Barat.


Gejala Keracunan

Gejala keracunan dapat dikesan apabila toksin mula mengganggu fungsi tubuh manusia. Gejala dapat dilihat dalam masa 30 minit hingga 2 jam, dan boleh menyebabkan kematian sekiranya tiada rawatan diberikan. Antara gejala yang sering dilaporkan adalah:


- Kebas mulut dan lidah
- Mabuk (rasa melayang-layang)
- Loya dan muntah
- Kadar degupan jantung tinggi
- Kesukaran bernafas
- Lumpuh anggota badan
- Cirit-birit dan pening kepala
- Kabur pemandangan




Ikan Buntal Toksik di Kawasan Perairan Pasifik Barat




Buntal Pasir Bintik Putih
Arothron hispidus




Lagocephalus suezensis




Takifugu brevipinnis




Tarugener gloerfelti




Buntal Pisang Kasar
Lagocephalus lunaris



Buntal Pisang Kerisi
Lagocephalus scleratus



Buntal Belang
Takifugu oblongus



Buntal Pisang Licin
Lagocephalus inermis

Foto 12: Poster Buntal oleh UNESCO IOC/WESTPAC

Kenali Si Buntal

Ciri-ciri Unik Ikan Buntal

1. Boleh mengembungkan badannya seperti belon
2. Duri yang tajam
3. Empat gip besar seperti paruh
4. Berenang perlahan
5. Tiada sisik

Keracunan Ikan Buntal

- Buntal ada racun yang sangat toksik yang dipanggil Tetrodotoksin (TTX)
- Racun ini menyerang saraf dan boleh membawa maut jika dimakan
- Dos 2 mg bagi berat badan 50 kg boleh membunuh dan lebih bahaya daripada arsenik atau sianida
- Racun ini dihasilkan sebagai pelindung daripada musuh/pemangsa

Racun Ikan Buntal Ada Di Mana?

Gejala Keracunan

- Gejala keracunan berlaku dalam masa 30 minit hingga 2 jam.
- Boleh membawa maut jika tidak diberi rawatan segera.

Rawatan Keracunan

RAWATAN

- Tiada penawar/antidot
- Memakan arang teraktif (activated charcoal) atau sodium bicarbonate
- Gastric lavage
- Ubat anti-cholinesterase

NASIHAT

- Elakkan memakan ikan buntal jika tidak yakin ia selamat dimakan
- Pastikan hanya orang yang mahir atau pakar sahaja dibenarkan menyangkai ikan buntal

HUBUNGI

- Dapatkan rawatan segera di klinik/hospital berdekatan jika mengalami gejala keracunan ikan buntal

Foto 13: Poster Kenali Si Buntal oleh Institut Penyelidikan Perikanan



Foto 14: Poster Ikan Buntal di Perairan Malaysia oleh Institut Penyelidikan Perikanan

IKAN-IKAN BERACUN DI MALAYSIA
POISONOUS FISH OF MALAYSIA

JANGAN MAKAN IKAN BERACUN INI
Do Not Eat These Poisonous Fish

JANGAN CAMPURKAN IKAN INI DENGAN IKAN KOMERSIL YANG LAIN
Do Not Mix These Fish With Other Commercial Fish

Famili (Family) Diodontidae:

- Odontaspis orbitalis***
 (Buntal leleak putih-biru)
- Odontaspis sphenoides***
 (Buntal leleak hitam)
- Zebrasoma opacum***
 (Buntal leleak hitam)
- Zebrasoma flavescens***
 (Buntal leleak kuning)
- Zebrasoma veliferum***
 (Buntal leleak hitam)

Famili (Family) Molidae:

- Masturus sp.***
 (Buntal buntal)

Famili (Family) Ostraciidae:

- Larsonia ramsayi***
 (Buntal koral/Buntal koral/Buntal koral)
- Larsonia domesni***
 (Buntal koral)
- Ostracion solorensis***
 (Buntal koral/Buntal koral/Buntal koral)
- Ostracion melanocephalus***
 (Buntal koral/Buntal koral)
- Ostracion nigrum***
 (Buntal koral/Buntal koral/Buntal koral)
- Ostracion chrysaceus***
 (Buntal koral/Buntal koral)
- Siganus pinnatus***
 (Buntal bontar/Buntal koral)
- Siganus lineatus***
 (Buntal koral)

Famili (Family) Tetraodontidae:

- Arothron immanissimus***
 (Buntal puffer)
- Arothron melanostomus***
 (Buntal puffer)
- Arothron reticulatus***
 (Buntal puffer)
- Arothron stolidus***
 (Buntal puffer)
- Candylurax sphenoides***
 (Buntal puffer)
- Chelodactylus paludosus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus lineatus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus cyanostriatus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus spilargenteus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus maculatus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus maculatus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus maculatus***
 (Buntal puffer)
- Epagophelus maculatus***
 (Buntal puffer)

Hazlan Ismail
 Identifikasi: Jabatan Perikanan Malaysia, Kementerian Pertanian & Industri Asas-Tani (Publisher: Department of Fisheries Malaysia, Ministry of Agriculture & Agro-Based Industry)

Foto 15: Poster Ikan-Ikan Beracun di Malaysia oleh Jabatan Perikanan Malaysia

8.0 PRODUK-PRODUK IKAN BUNTAL DI PASARAN

8.1 Produk makanan

Disebabkan rasanya yang enak, pelbagai produk ikan buntal dapat dilihat di Sarawak sama ada yang segar (seekor atau potongan) (**Foto 16**) atau yang telah diproses (dikeringkan, dimasinkan, disalai atau diperam) (**Foto 17**). **Foto 18-21** menunjukkan pelbagai hidangan dan juadah ikan buntal di Sarawak. Antara masakan yang popular ialah ikan buntal masak asam pedas, buntal goreng tumis berkunyit, telur buntal campur rebung dan cucur buntal. Ikan buntal juga boleh diperolehi dalam bentuk kering, masin, pekasam, salai serta boleh dijadikan bebola, filet dan kek ikan. **Foto 22** pula, menunjukkan gambar-gambar produk ikan buntal segar dan sejuk beku yang dipasarkan di luar negara khususnya di Jepun dan akhir sekali juadah masakan ikan buntal yang popular di Jepun dan China (**Foto 23**).



Foto 16: Ikan buntal segar yang dijual di pasar basah sekitar Sarawak



Foto 17: Produk ikan buntal kering/masin yang dijual di pasar-pasar di Sarawak

Juadah Ikan Buntal



(a) Buntal masak kunyit



(b) Buntal masak labu



(c) Buntal salai



(d) Buntal goreng

Foto 18: Hidangan ikan buntal yang boleh didapati di Sarawak



(a) Buntal masin



(b) Sambal buntal



(c) Asam pedas buntal



(d) Buntal masak merah

Foto 19: Hidangan ikan buntal yang boleh didapati di Sarawak



(a) Telur buntal goreng



(b) Masak lemak



c) Pais



(d) Buntal masam manis

Foto 20: Hidangan ikan buntal yang boleh didapati di Sarawak



(a) Telur buntal masak rebung



c) Buntal sup nenas



(b) Singgang

Foto 21: Hidangan ikan buntal yang boleh didapati di Sarawak



Filet ikan buntal sejuk beku
Sumber: <https://www.supplybunny.com/en/products/puffer-fish-meat-shiro-saba-fugu-1kg-senri-seafood-daging-ikan-puffer?category=fish-seafood>



Ikan buntal segar
Sumber: <https://www.dreamstime.com/photos-images/fugu-sashimi.html>



Telur ikan buntal
Sumber: <https://mainichi.jp/english/articles/20200228/p2a/00m/0na/024000c>



Potongan ikan buntal
Sumber: lovegbsk.pics/product_details/64377055.html

Foto 22: Produk ikan buntal yang dijual di pasaran luar negara

Di restoran-restoran Jepun, ikan buntal sering dimakan mentah sebagai sashimi iaitu potongan nipis isi ikan yang dihidang sebagai kelopak bunga. Ikan buntal yang disediakan begini dikatakan sangat sedap, dengan tekstur isi yang unik (lembul, kenyal, bergelatin), tidak berlemak dan tidak hanyir. Sashimi selalunya dihidangkan semasa musim sejuk, kerana ikan buntal akan menjadi gemok untuk menghadapi musim sejuk. Ikan buntal disiang dengan pisau khusus yang dipanggil "fugu hiki" yang berfungsi untuk menghiris ikan dan membuang organ yang beracun dengan cekap supaya toksin tidak terkeluar dan mencemari bahagian ikan yang lain. Organ dalam akan dimasukkan ke dalam bekas khusus dan dilupuskan dengan cara membakar.



Sashimi

Sumber: <https://www.elitehavens.com/magazine/fugu-a-japanese-fish-more-poisonous-than-cyanide/>



Sushi

Sumber: <https://soraneews24.com/2019/05/14/you-can-now-get-fugu-japans-poisonous-blowfish-for-under-a-buck-at-revolving-sushi-restaurants/>



Spicy puffer fish stew

Sumber: https://english.visitkorea.or.kr/svc/thingsToDo/foodTrip/special_view.do?vcontslid=182230



Braised puffer fish

Sumber: <https://pdf.cchatty.com/Puffer-Fish-g-100034>

Foto 23: Hidangan ikan buntal di Jepun dan China

8.2 Produk kraftangan dan aksesori

Selain daripada industri makanan, satu lagi sektor ekonomi yang penting bagi ikan buntal adalah pembuatan aksesori. Berikutan kebolehannya untuk mengembang seperti belon, kulit ikan buntal mempunyai ciri yang fleksibel dan kuat (Kaplan et al., 2022). Penggunaan kulit ikan buntal dalam industri fesyen untuk menghasilkan bag, topi, rantai kunci, alat muzik dan kraftangan lain semakin mendapat perhatian (Uzun & Kadıncık, 2022). Sementara itu, ikan buntal yang diawet boleh dijadikan sebagai produk hiasan seperti lampu hiasan. Antara ikan buntal yang dijadikan hiasan adalah ikan buntal belang, buntal landak, buntal landak panjang dan buntal pasir. Ia dijual dengan harga dari RM60-RM150 bergantung pada saiz dan jenis ikan buntal yang digunakan.



Sumber: <https://azrinayu.blogspot.com/2018/12/>



Sumber: <https://www.hmetro.com.my/mutakhir/2023/02/934546/ikan-buntal-hiasan-jadi-sumber-pendapatan-metrotv>



Sumber: <https://inkubatortemerloh.wordpress.com/2010/10/28/orientasi-pengeluaran-rebab-ikan-buntal/>

8.3 Produk mainan dan hiasan

Disebabkan rupanya yang unik dan comel, bentuk ikan buntal banyak dijadikan barang-barang hiasan atau cenderahati seperti mainan, rantai kunci, teko teh, bantal, getah mandian dan banyak lagi.

Bantal



Sumber: <https://www.ebay.com.my/itm/275923316353>



Sumber: <https://www.ebay.com.my/itm/225124342734>

Rantai kunci



Sumber: oeshop.co.uk/product/jc61866-keyring-puffer-fish-made-with-resin/



Sumber: <https://m.shein.com/ar-en/Puffer-Fish-Design-Fidget-Toy-Charm-Keychain-p-12462832-cat-1914.html>



Teko hiasan



Sumber: <https://www.artnet.com/artists/roger-cockram/puffer-fish-teapot-mdvShuMiai8MQ7qWckykg2>



Sumber: <https://www.ebay.com.my/itm/166223414697>

Getah mainan mandian



Sumber: <https://royaldiaperer.com/products/begin-again-natural-rubber-bath-toy-puffer-fish>



Sumber: <https://shop.houseofmarbles.com/product/squirty-bath-toys-fish/>

Pasu



Sumber: <https://www.amazon.co.jp/-/en/Pufferfish-Miscellaneous-Pottery-Bokkaro-Decoration/dp/B092578Y3S>



Sumber: <https://www.ebay.com.my/itm/225185259340>



8.4 Produk bernilai tinggi

Ikan buntal juga berpotensi dijadikan sumber bahan mentah bernilai tinggi seperti kolagen. Beberapa kajian berjaya mengekstrak kolagen jenis 1 daripada kulit ikan buntal *Takifugu rubripes* (Nagai et al., 2002), *Takifugu flavidus* (Chen et al., 2019), *Lagocephalus inermis* (Iswariya et al., 2018) dan *Lagocephalus sceleratus* (Doğdu et al., 2019). Kolagen ini berpotensi sebagai sumber alternatif kolagen daripada lembu dan khinzir yang boleh digunakan untuk kegunaan pelbagai industri (makanan, perubatan, farmaseutikal, nutrasetikal). Ia juga dapat menyokong pengurusan sisa semula jadi atau masalah ekologi.

Selain daripada kolagen, Doğdu et al. (2021) mengeskrak Hydroxyapatite (HA) sejenis bahan biologi yang diekstrak daripada gigi ikan buntal (*Lagocephalus sceleratus*). HA banyak digunakan dalam rawatan pergigian, mempunyai aktiviti metabolik yang lebih baik dan tindak balas yang lebih alami berbanding HA sintetik. HA sering digunakan sebagai bahan tampalan bagi menggantikan tisu gigi yang hilang atau rosak dan juga untuk menyokong pertumbuhan semula tisu dan mengekalkan tisu gigi yang sihat (Williams, 2009).

PENUTUP

Hampir semua orang mengenali ikan buntal disebabkan rupanya yang unik serta cirinya yang beracun. Namun bukan semua ikan buntal berbentuk bulat dengan duri seperti yang biasa dikaitkan dengan ikan buntal. Ada banyak juga ikan buntal yang nampak seakan ikan biasa kepada orang awam yang tidak mempunyai pengetahuan khusus tentang ikan ini, apatah lagi apabila dihidangkan dalam bentuk filet.

Pendaratan ikan buntal di jeti-jeti pendaratan di Malaysia adalah satu perkara yang normal dan direkodkan dalam Perangkaan Tahunan Jabatan Perikanan Malaysia. Sebelum ini, ikan buntal biasanya digunakan sebagai ikan baja. Namun dalam beberapa tahun kebelakangan ini, kes keracunan buntal dilaporkan berlaku hampir setiap tahun walaupun sekali setahun. Ini mungkin disebabkan oleh penurunan dalam sumber ikan komersial, maka ikan yang dahulunya tidak dijual untuk dijadikan makanan, mula dijual supaya dapat memaksimumkan pendapatan nelayan. Di samping itu, terdapat pengguna yang suka mencuba makan makanan yang eksotik bagi tujuan kepuasan diri atau untuk tujuan perubatan tradisi. Justeru, pengguna perlu peka tentang ikan ini dan risiko kesihatan yang berkaitan dengannya. Sekiranya ada permintaan dan pulangan ekonomik yang tinggi, spesies ini boleh dipertimbangkan untuk dijadikan spesies komersial dengan syarat ada kawalan yang ketat dari segi penyediaan dan penjualan. Walau bagaimanapun, cara yang paling efektif untuk menghalang keracunan ikan buntal adalah mengelak daripada memakan ikan buntal terutamanya organ hati dan telur.

Matlamat penyediaan buku ini adalah untuk mengumpulkan sebanyak mungkin maklumat berkaitan ikan buntal khususnya dari Malaysia dalam satu dokumen. Ini adalah kerana setiap kali kejadian keracunan berlaku, Institut Penyelidikan Perikanan akan diminta menyediakan maklum balas dan input mengenai buntal kepada pihak berkuasa kesihatan, Jabatan dan juga wartawan. Dengan adanya buku ini, penyaluran maklumat akan menjadi lebih mudah kepada orang awam, pengguna serta pihak berkepentingan yang lain.

RUJUKAN

- Abidin et al. (2021). Ichthyofauna of Sungai Merbok Mangrove Forest Reserve, northwest Peninsular Malaysia, and its adjacent marine waters. *Check List*, 17(2), 601-631.
- Adzwan, M. (2019). the puffer fish attack. *Malaysian Journal of Emergency Medicine*, 4(3).
- Ahasan et al. (2004). Paralytic complications of puffer fish (Tetrodotoxin) poisoning. *Singapore Medical Journal*, 45(2), 73–74.
- Ahmad Syafiq et al. (2017) The first reported artificial propagation of yellow puffer, *Xenopterus naritus* (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo. E-article Blackwell Publishing Ltd 2017
- Ahn et al. (1999). Clinical Analysis of Puffer Fish Poisoning. *Korean Journal of Emergency Medicine*. 10(3): 447-455.
- Alhatali et al. (2021): A cluster of tetrodotoxin poisoning in Oman, *Clinical Toxicology*. 1-5.
- Al-Sulaimani et al. (2022). Case Report of Tetrodotoxin Poisoning from *Lagocephalus sceleratus* in Lebanon. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 14648.
- Ambak et al. (2010). *Fishes of Malaysia*. Kuala Terengganu: Penerbit Universiti Malaysia Terengganu, Terengganu.
- Arakawa et al. (2010). Toxins of pufferfish that cause human intoxications. In: A. Ishimatsu & H. J. Lie (Eds.), *Coastal Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea* (pp. 227–244). Nagasaki, Japan: Terrapub.
- Aydin et al. (2013). Seasonal changes in proximate composition and fatty acid profile of pufferfish (*Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789) from the Mediterranean Sea of Turkey. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(2), 178–191.
- Azmir et al. (2020). DNA barcoding analysis of larval fishes in Peninsular Malaysia. *Journal of Environmental Biology*, 41, 1295-1308.
- Azzeri et al. (2020). A review of published literature regarding health issues of coastal communities in Sabah, Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1533.
- Bakri (2016). Study of Reproductive Activity, Maturity Stages and Tetrodotoxin (TTX) in Yellow PutTerfish, *Xenopterus naritus*.
- Bane, V., Lehane, M., Dikshit, M., O’Riordan, A., & Furey, A. (2014). Tetrodotoxin: chemistry, toxicity, source, distribution and detection. *Toxins*, 6(2), 693–755.

-
- Bentur et al. (2008). Lessepsian migration and tetrodotoxin poisoning due to *Lagocephalus sceleratus* in the eastern Mediterranean. *Toxicon*, 52(8), 964–968.
- Berita Harian, (2023). 'Sebelum jual, kami makan dulu ikan buntal untuk pastikan ia selamat'. Mary Victoria Dass - Mac 30, 2023 @ 4:27pm bhnews@bh.com.my
- Berry & bin Hassan. (1973). Comparative lethality of tissue extracts from the Malaysian puffer fishes, *Lagocephalus lunaris lunaris*, *L. l. spadiceus* and *Arothron stellatus*. *Toxicon*, 11(3), 249-254.
- Berry (1969). Puffer fish poisoning. *Malayan Scientist*, 70(5), 42-46.
- Campbell et al. (2011). A European perspective on progress in moving away from the mouse bioassay for marine-toxin analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 30(2), 239–253.
- Chan & David. (1987). Nine fatal cases of puffer fish poisoning in Sabah, Malaysia. *Med. J. Malaysia*, 42(3).
- Chen et al. N. (2019). Electrodialysis extraction of pufferfish skin (*Takifugu flavidus*): A promising source of collagen. *Marine drugs*, 17(1), 25. <https://doi.org/10.3390/md17010025>.
- Chin et al. (2016). Detection of mislabelled seafood products in Malaysia by DNA barcoding: Improving transparency in food market. *Food Control*, 64, 247-256
- Cho et al. (2012). Determination and validation of tetrodotoxin in human whole blood using hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectroscopy and its application. *Forensic Science International*, 217(1-3), 76–80.
- Chowdhury et al. (2007). Puffer fish (Tetrodotoxin) poisoning: An analysis and outcome of six cases. *Tropical Doctor*, 37: 263-264.
- Chua & Chew (2009). Puffer fish poisoning: a family affair. *Medical Journal of Malaysia*, 64(2), 181-182.
- Cohen et al. (2014). Tetrodotoxin: chemistry, toxicity, source, distribution and detection. *Toxins*, 6(2), 693–755.
- Dae (2012). A Series of Cases of Fukuda Classification Grade IV Tetrodotoxin Poisoning due to Ingestion of Tetrodotoxin from Puffer Fish. *Korean Journal of Emergency Medicine*. 23(1): 154-159.
- Doğdu (2021). İstilacı deniz türlerinden biyomateryal eldesi ve biyomedikal endüstrisindeki potansiyel kullanımı. (In Turkish). PhD Thesis from the Iskenderun Technical University.

-
- Doğdu et al. (2019). Isolation and characterization of collagen and gelatin from skin of silver cheeked pufferfish *Lagocephalus sceleratus* for pharmaceutical and biomedical applications. *Natural and Engineering Sciences*, 308-314.
- Endo (1984). Toxicological studies on puffer fishes: comparison of toxicities in the various species. *Journal of Toxicological Sciences*, 9: p. 1-11.
- Eswar et al. (2014). Proximate composition and fatty acid analysis of puffer fish, *Lagocephalus inermis* (Temminck and Firoz et al. (2013). Extraction of Tetrodotoxin from Puffer Fish, *Diodon liturosus* from South Andaman Sea. *A Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 2(2): 58-61.
- Fong et al. (2011). Development and validation of a high-throughput double solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the determination of tetrodotoxin in human urine and plasma. *Talanta*, 83(3), 1030–1036.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2004). Marine Biotoxins. *Food and Nutrition Paper* 80. Rome, Italy. 281 p.
- Gao et al (2014). Draft sequencing and analysis of the genome of pufferfish *Takifugu flavidus*. *DNA Research*, 21(6), 627-637.
- Gu & Zhao. (2008). Comparison of nutrient components in the muscle of wild and artificially reared *Takifugu obscurus*. *Agricultural Science & Technology*, 9(4), 118–120.
- Guichard et al. (2009). Public health response to puffer fish (Tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product. *Journal of Food Protection*, 72(4), 810–817.
- Hajeb et al. (2012). Make the deadly yellow puffer fish a safe food to eat. *Journal Food, Agriculture and Environment*, 10(3-4), 72-77.
- Hajisamae et al. (2003). Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(1), 89-98.
- How et al. (2003). Tetrodotoxin poisoning. *The American Journal of Emergency Medicine*, 21(1), 51–4.
- Hwang et al. (2000). Seasonal variations of free amino acids and nucleotide-related compounds in the muscle of cultured Taiwanese puffer *Takifugu rubripes*. *Fisheries Science*, 66, 1123–1129.
- Imelda et al. (2012). Preliminary study of golden yellow pufferfish, *Xenopterus naritus* in Sarawak. *Proceeding International Seminar on Marine Science and Aquaculture*, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, pp. 43-54

-
- Isbister et al. (2002). Puffer fish poisoning: a potentially life-threatening condition. *Medical Journal of Australia*, 177, 650–653.
- Islam et al. (2011). Puffer fish poisoning in Bangladesh: clinical and toxicological results from large outbreaks in 2008. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 105(2), 74–80.
- Islam et al. (2018). Outbreak of Puffer Fish Poisoning in Dhaka City. *Journal of Medicine*, 19, 30-34.
- Iswariya et al. (2018). Isolation and characterization of biocompatible collagen from the skin of puffer fish (*Lagocephalus inermis*). *Journal of Polymers and the Environment*, 26(5), 2086-2095.
- Japan Food Hygiene Association (JFHA) (2005). Puffer toxin. In: *Shokuhin Eisei Kensa Shishin* (Manual for Methods for Food Sanitation Testing), pp. 661–683. Tokyo: Environmental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare.
- Kan et al. (1987). Nine fatal cases of puffer fish poisoning in Sabah, Malaysia. *Medical Journal of Malaysia*, 42(3), 199–200.
- Kapla et al. (2022). Pufferfish versus lionfish: comparing risks for Turkish marine economics. *Marine Economics and Management*, 5(2), 173-187.
- Kawatsu et al. (1997). Rapid and highly sensitive enzyme immunoassay for quantitative determination of tetrodotoxin. *Japanese Journal of Medical Science and Biology*, 50(3), 133–150.
- Khatib & Azim (2021). Growth Pattern and Length-Weight Relationships Model of Estuarine Fish in the Matang Mangrove Estuaries, Malaysia. *Transactions on Science and Technology*, 8(3), 153-158.
- Khatib (2014). Diversity and population dynamics of estuarine fishes and crustaceans in Marudu, Malaysia.
- Khatib. (2015). Family and species composition of fishes caught from Marudu bay, Sabah, Malaysia. *Aqua Mar Bio*, 2, 1-5.
- Kiew & Mat Don. (2013). Extraction of acid and pepsin soluble collagen from selected Malaysian freshwater fish muscles: modified Lowry's measurement method. *Journal Of Agrobiotechnology*, 4, 17-32.
- Kim et al. (2003). Characteristics of Puffer Fish Poisoning Outbreaks in Korea (1991-2002). *J. Fd Hyg. Safety*. 18(3): 133-138.
- Kumar & Pathak (2021). Developmental Biology of Puffer Fish. https://aquafind.com/articles/Puffer_Fish.php
- Lago J., Rodríguez L.P., Blanco L., Vieites J.M., Cabado A.G. Tetrodotoxin, an Extremely Potent Marine Neurotoxin: Distribution, Toxicity, Origin and

-
- Therapeutical Uses. (2015). *Mar. Drugs*. **13**:6384–6406. doi: 10.3390/md13106384.
- Lam (2016). Study of paralytic shellfish toxin in Bornean red-eye puffer. Final year project Report. Universiti Malaysia Sarawak
- Laobhripatr et al. (1990). Food poisoning due to consumption of the freshwater puffer *Tetraodon fangi* in Thailand. *Toxicon*, 28(11), 1372–1375.
- Law et al. (2020). Pharmacophore modelling of vanillin derivatives, favipiravir, chloroquine, hydroxychloroquine, monolaurin and tetrodotoxin as M pro inhibitors of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). *BMC research notes*, 13, 1-8.
- Lee et al. (2016). Ichthyofauna on a tropical mudflat: implications of spatial and temporal variability in assemblage structure and abundance. *Estuaries and Coasts*, 39, 1543-1560.
- Leung et al. (2011). Analytical challenges: determination of tetrodotoxin in human urine and plasma by LC-MS/MS. *Marine Drugs*, 9(11), 2291–303.
- Loke & Tan (1997). A unique case of tetrodotoxin poisoning. *The Medical Journal of Malaysia*, 52(2), 172-174.
- Lyn (1985). Puffer fish poisoning: four case reports. *Med. J. Malaysia*, 40, 31-34.
- Ma (2011). Toxicity and Toxin Properties Study of Puffer Fish Collected from Sabah Waters. *Health and Environmental Journal* 2(1): 14-17.
- Madejska et al. (2019). Tetrodotoxin as a Risk for Human Health. *Journal Veterinary Reserach*, 8;63(4), 579-586
- Mahmud et al. (1999). First occurrence of a food poisoning incident due to ingestion of *Takifugu oblongus*, along with a toxicological report on three marine puffer species in Bangladesh. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 40(6), 473–480.
- Man (2003). Preliminary analysis of demersal fish assemblages in Malaysian waters. Assessment, management and future directions for coastal fisheries in Asian countries, (67), 207.
- Man et al. (2010). Screening of tetrodotoxin in puffers using gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1217(47), 7455–7459.
- MATCHA - JAPAN TRAVEL WEB MAGAZINE (2018). Fugu - Where To Enjoy Delicious Pufferfish In Japan. Available at <https://matchajp.com/en/3398>.
- McNabb et al. (2010). Detection of tetrodotoxin from the grey side-gilled sea slug - *Pleurobranchaea maculata*, and associated dog neurotoxicosis on

- beaches adjacent to the Hauraki Gulf, Auckland, New Zealand. *Toxicon*, 56(3), 466–473.
- Micheli et al. (2002). Production of antibodies and development of highly sensitive formats of enzyme immunoassay for saxitoxin analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 373(8), 678–684.
- Mohamad & Isa. (2013). Morphology and Stomach Content Analysis of Green Rough-backed Puffer Fish, *Lagocephalus lunaris* from Kuching, Sarawak. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 2(2), 67-70.
- Mohd Nor Azman & Wan Norhana. (2013). Detection of tetrodotoxin and saxitoxin in dried salted yellow puffer fish (*Xenopterus naritus*) eggs from Satok Market, Kuching, Sarawak. *International Food Research Journal*, 20(5).
- Mohd Nor Azman A. (2008). Development of antibody against tetrodotoxin: a new tool for the study on the origin and metabolism of tetrodotoxin. MSc thesis, Kitasato University, Japan.
- Mohd Nor Azman Ayub, Samsur Mohamad, Mohammed Mohidin, Fisal Ahmad and Fasihuddin Badruddin Ahmad. (2018). Nutritional Compositions in the Muscle of Yellow Puffer Fish, *Xenopterus naritus* (Richardson, 1848) from Kg. Manggut and Kabong, Sarawak, Malaysia. *Malaysian Fisheries Journal*, Vol. 17: 1-11.
- Mohd Nor Azman et al. (2014). Distribution of tetrodotoxin among tissues of pufferfish from Sabah and Sarawak waters. *Sains Malaysiana*, 43(7), 1003-1011.
- Mohd Nor Azman et al. (2015). Assessment of proximate composition and tetrodotoxin content in the muscle of Yellow puffer fish, *Xenopterus naritus* (Richardson 1848) from Sarawak, Malaysia. *International Food Research Journal*, 22(6).
- Mohd Nor Azman, A., Samsur, M., Mohammed, M., Othman, M., Imelda, R. R., Shabdin, M. L., & Fasihuddin, B. A. (2013). Tetrodotoxin in various tissues of yellow puffer fish, *Xenopterus naritus* (Richardson 1848) from Betong, Sarawak, Malaysia. *Asian Fisheries Science*, 26(3), 142–155.
- Mohd Nor Azman, A., Samsur, M., Mohammed, M., Shabdin, M.L. and Fasihuddin, B.A. (2015). Tetrodotoxin Identification of Yellow Puffer Fish, *Xenopterus naritus* from Kg. Manggut, Sarawak, Malaysia. *Malaysian Fisheries Journal*, Vol.14: 1-11.
- Mohd Nor Azman, et al. First Report on Tetrodotoxin in Puffer fish (*Lagocephalus* sp.) Fillet from Fish Landing Jetty, Penang, Malaysia. *Malaysian Fisheries Journal* (in press).

-
- Mohsin & Ambak (1991). Ikan Air Tawar di Semenanjung Malaysia. Dewan Bahasa dan Pustaka
- Murugaiah et al. (2015). Forensics: Food Authentication Using MtDNA. *Journal Nutrition Health Food Science*, 3(4), 1-10.
- Nagai et al. (2002). Collagen of the skin of ocellate puffer fish (Takifugu rubripes). *Food chemistry*, 78(2), 173-177.
- Nagashima et al. (2011). Toxicity and molecular identification of green toadfish *Lagocephalus lunaris* collected from Kyushu Coast, Japan. *Journal of Toxicology*, 53(2), 85-90.
- Narahashi (2001). Pharmacology of tetrodotoxin. *Journal of Toxicology—Toxin Reviews*, 20 (1): 67–84.
- Nasir et al. (2016) The first reported artificial propagation of yellow puffer, *Xenopterus naritus* (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo. *Aquaculture Research* pp. 1–8.
- Nasir et al. (2017). The status of yellow pufferfish, *Xenopterus naritus* (Richardson, 1848) from the Southwest coast of Sarawak, Northwestern Borneo, Malaysia. *AACL Bioflux* 10(3):602-614.
- Neagu et al. (2006). Study of a toxin-alkaline phosphatase conjugate for the development of an immunosensor for tetrodotoxin determination. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 385(6), 1068–1074.
- Neto et al. (2010). Fatal poisoning caused by puffer fish (Tetrodontidae): Report of a case involving a child. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 43. 92-4
- Ngy et al. (2008). Distribution of tetrodotoxin in pufferfish collected from coastal waters of Sihanouk Ville, Cambodia. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 49(5), 361–365.
- Nik Nor Fathiah (2011). Occurrence of tetrodotoxin in red-eye puffers from Balai Ringin, Sarawak. Final year project Report. Universiti Malaysia Sarawak.
- Noguchi & Arakawa. (2008). Tetrodotoxin - distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Marine Drugs*, 6(2), 220–242.
- Noguchi et al. (2006). TTX accumulation in pufferfish. Comparative Biochemistry and Physiology. Part D, *Genomics & Proteomics*, 1, 145–152.
- Noguchi et al. (2011). Tetrodotoxin Poisoning Due to Pufferfish and Gastropods, and Their Intoxication Mechanism. International Scholarly Research Network, *ISRN Toxicology*. Article ID 276939, 10 pages.

-
- Noordin Raja Omar et al. (1994). Design and construction of artificial reefs in Malaysia. *Bulletin of Marine Science*, 55(2-3), 1050-1061.
- Núñez-Vázquez et al. (2000). Toxicities and distribution of tetrodotoxin in the tissues of puffer fish found in the coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Toxicon*, 38(5), 729–734.
- Nur Afifah (2015). Preliminary study on larvae production of green spotted puffer, *Tetraodon nigroviridis*. Final Year Project Report, Universiti Malaysia Sarawak.
- Nur Amalina, Che Awin (2008). The Morphology and Toxicity Studies of Green Spotted Puffer, *Tetraodon nigroviridis* from Sungai Bako, Kuching, Sarawak. Final Year Project Report, Universiti Malaysia Sarawak.
- Nzougnet et al. (2013). Comparison of sample preparation methods, validation of an UPLC-MS/MS procedure for the quantification of tetrodotoxin present in marine gastropods and analysis of pufferfish. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1584–1589.
- O’Leary et al. (2004). Use of high-performance liquid chromatography to measure tetrodotoxin in serum and urine of poisoned patients. *Toxicon*, 44(5), 549–553.
- Regina (2004). Ecology and fecundity of puffer fish *Xenopterus naritus* (Tetraodontidae) in Batang Saribas. Final year project Report. Universiti Malaysia Sarawak
- Saeki & Kumagai. (1982). The variations with growth in nutritive components and several nutritive elements for wild and cultured puffers. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 48(7), 967–970.
- Saeki & Kumagai. (1984). Seasonal variations in nutritive components for wild and cultured puffers *Fugu rubripes*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 50(1), 125-127.
- Saito & Kunisaki (1998). Proximate composition, fatty acid composition, free amino acid contents, mineral contents, and hardness of muscle from wild and cultured puffer fish *Takifugu rubripes*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 64(1), 116-120.
- Samat et al. (2010). Komponen dan kedudukan ikan baja dalam hasil tangkapan bagi zon pesisir timur, Johor Darul Takzim. The Studies of Johor East Coast: Preserve Mersing Heritage. Pusat Penyelidikan Ekosistem Marin, UKM, 161-166.
- Sarmila (2010). Biology, Gut Content, and Toxicity Studies of Spotted-Green Puffer fish (*T. nigroviridis*) collected from Sampadi, Kuching.

-
- Schlegel, 1850) and *Lagocephalus lunaris* (Bloch and Schneider, 1801) from Parangipettai, Southeast Coast of India. *International Letters of Natural Sciences*, 17, 21–29.
- Shareena (2012). Toxicity and toxin properties of puffer fish collected from Kuching coastal waters. Final year project Report. Universiti Malaysia Sarawak
- Simidu et al. (1987). Marine bacteria which produce tetrodotoxin. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(7), 1714–1715.
- Simoës et al. (2014). Poisoning after ingestion of pufferfish in Brazil: Report of 11 cases. *Journal of Venomous Animals and Toxins*, 20: 54.
- Simon & Mazlan. (2008). Length-weight and length-length relationships of archer and puffer fish species. *The Open Fish Science Journal*, 1(1).
- Simon et al. (2009). Toxicity of pufferfishes (*Lagocephalus wheeleri* Abe, Tabeta and Kitahama, 1984 and *Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789) from the east coast waters of Peninsular Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 9(5), 482-487.
- Sims & Ostman. (1986). Pufferfish poisoning: emergency diagnosis and management of mild human tetrodotoxification. *Ann Emerging Medicine*, 15(9):1094-8.
- Stump et al. (2018). Global conservation status of marine pufferfishes (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), *Global Ecology and Conservation*, Volume 14.
- Suhainan (2016). Development of yellow puffer, *Xenopterus naritus* embryo and its tetrodotoxin studies. Final year project Report. Universiti Malaysia Sarawak
- Suheil et al. (2009). Human Poisoning after Ingestion of Puffer Fish Caught from Mediterranean Sea - A Case Report. *Middle East Journal of Anesthesiology*, 20(2).
- Suleiman et al. (2017). An outbreak of tetrodotoxin poisoning from consuming horseshoe crabs in Sabah. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*, 48(1), 197-203.
- Syamimi (2017). Reproductive biology study of yellow puffer fish, *Xenopterus naritus* of Sarawak waters. E-LPTA Universiti Malaysia Sarawak
- Syamira (2017). Reproductive biology study of Bornean red-eye puffer, *Carinotetraodon borneensis*. E-LPTA Universiti Malaysia Sarawak.
- Tan (2004). Feeding habit of yellow puffer (*Xenopterus naritus*) at Batang Saribas. E-LPTA, Universiti Malaysia Sarawak.

-
- Tani, I. (1945). A study of the toxicity of Japanese fugu. Teikoku Tosho Co., Tokyo, Japan.
- Tao (2024). The pufferfish industry is growing in China. Beijing Review No 15. Available at https://www.bjreview.com/Business/202404/t20240407_800362277.html
- Tao et al. (2012). Comparison of nutritional composition of farmed pufferfish muscles among *Fugu obscurus*, *Fugu flavidus* and *Fugu rubripes*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 40–45.
- Uzun & Kadinkız (2022). Potential Industrial Applications of Invasive Alien Species in the Fashion Industry: Technical Case Study on Pufferfish. Denizel Istilaci Yabancı Türlerin Etkileri Bilimsel Konferansı. Abstract Book, pp 60-61.
- Williams (2009). On the nature of biomaterials. *Biomaterials*, 30(30), 5897-5909.
- Williams & Caldwell. (2009). Intra-organismal distribution of tetrodotoxin in two species of blue-ringed octopuses (*Hapalochlaena fasciata* and *H. lunulata*). *Toxicon*, 54(3), 345–353.
- Xin et al. (2021). Venomous Stings and Bites in the Tropics (Malaysia): Review (Non-Snake Related). *Open Access Library Journal*, 8(3), 1-24.
- Xiong et al. (2019). DNA barcoding revealed mislabeling and potential health concerns with roasted fish products sold across China. *Journal of Food Protection*, 82(7), 1200-1209.
- Yakes, B.J.; Deeds, J.; White, K.; DeGrasse, S.L. (2010). Evaluation of surface plasmon resonance biosensors for detection of tetrodotoxin in food matrices and comparison to analytical methods. *J.Agric. Food Chem.* 59, 839–846.
- Yakop & Arif. (2008). Ikan buntal kuning (*Lagocephalus lunaris*), sebagai produk pelancongan di Betong, Sarawak. *Journal of Southeast Asian Studies*, 13, 245-263.
- Yang et al. (2010). A novel TTX-producing *Aeromonas* isolated from the ovary of *Takifugu obscurus*. *Toxicon*, 56(3), 324–329.
- Yasumoto et al. (1978). Occurrence of a new type of shellfish poisoning in the Tohoku District. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 44(11), 1249–1255.
- Ye et al. (2022). Simultaneous Determination of Tetrodotoxin in the Fresh and Heat-Processed Aquatic Products by High-Performance Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *Foods*, 11, 925
- Yong et al. (2013). A Case Report of Puffer Fish Poisoning in Singapore Case Reports in Medicine. Article ID 206971, 4 pages.

-
- Yotsu (2001). Chemistry of puffer fish toxin. *Journal of Toxicology-Toxin Reviews*, vol. 20, no. 1, pp. 51–66.
- Yotsu et al. (1989). An improved tetrodotoxin analyzer. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53(3), 893–895.
- Yotsu et al. (2011). Optimization of simultaneous analysis of tetrodotoxin, 4-epitetrodotoxin, 4,9-anhydrotetrodotoxin, and 5,6,11-trideoxytetrodotoxin by hydrophilic interaction liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Forensic Toxicology*, 29(1), 61–64.
- Yu et al. (2004). Two novel species of tetrodotoxin-producing bacteria isolated from toxic marine puffer fishes. *Toxicon*, 44(6), 641–647.
- Yuq et al. (2014). Analysis and evaluation of nutritional composition of farmed male pufferfish (*Takifugu obscurus*). *SHS Web of Conferences*, 6, 7 p. Retrieved from <https://doaj.org/article/e72c21dd0cf74b0084ae3857f64c36c2>
- Zhang et al. (2004). Edible safety and nutritional composition analysis of *L. wheeleri*. *China Public Health*, 3, 305–306.





KEMENTERIAN PERTANIAN
DAN KETERJAMINAN MAKANAN



INSTITUT PENYELIDIKAN PERIKANAN (FRI)

11960 Batu Maung,
Pulau Pinang

No Tel: 04 – 626 3925 / 26

No Faks: 04 – 626 2077

Email: fri_helpdesk@dof.gov.my

Ensiklopedia Mini Perikanan: Ikan Buntal