

SITOKSISITAS DAN IDENTIFIKASI SENYAWA AKTIF PADA IKAN BUNTAL (*Tetraodon lunaris*) DI PERAIRAN TIWATOBI

Bernadete Dian Derosari¹, Maria Magdalena N. M. Tukan², Yosephina M.J. Batafor³
Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka¹²³
e-mail: mariatukan1001@gmail.com

ABSTRAK

Ikan buntal merupakan spesies ikan yang terkenal dengan kandungan racunnya yaitu *tetraodotoksin* (TTX). kandungan *tetrodotoksin* yang terdapat pada ikan buntal dipengaruhi oleh habitat dan makanannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sitotoksitas dan identifikasi senyawa aktif pada ikan buntal di perairan Desa Tiwatobi. Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel di perairan Desa Tiwatobi, selanjutnya sampel di preparasi di ruang pengolahan Teknologi Hasil Perikanan, Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka. Sampel di ekstraksi dengan etanol 75% menggunakan metode maserasi. Sampel hasil ekstraksi di analisis sitotoksitasnya dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Selanjutnya identifikasi senyawa aktif pada ekstrak etanol ikan buntal menggunakan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan sitotoksitas ekstrak ikan buntal yang dinyatakan dengan nilai LC50 yaitu sebesar 49,479 ppm, yang masuk dalam kategori cukup toksik. Data hasil analisis senyawa menggunakan GC-MS ditemukan 10 senyawa aktif yang terdiri dari: *Ethyl Acetate*, *Di-n-propyl ether*, *Propane*, *1-ethoxy-2-methyl*, *Propanoic acid- ethyl ester*, *Disulfide- dimethyl*, *Dimethyl Sulfoxide*, *S-Methyl methanethiosulfinat*, *Cyclotetrasiloxane- octamethyl*, *S-Methyl methanethiosulphonate* dan *Cyclopentasiloxane, decamethyl*.

Kata Kunci: BSLT, GC-MS, *Tetraodotoksin*

ABSTRACT

Pufferfish are a species known for their toxic content, *tetraodotoxin* (TTX). Tetrodotoxin levels in pufferfish are influenced by their habitat and diet. This study aimed to analyze the cytotoxicity and identify active compounds in pufferfish in the waters of Tiwatobi Village. This research began with sampling in the waters of Tiwatobi Village, then the samples were prepared in the Fisheries Product Technology processing room, Larantuka Teacher Training and Technology Institute. The samples were extracted with 75% ethanol using the maceration method. The extracted samples were analyzed for cytotoxicity using the Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) method. Furthermore, the active compounds in the pufferfish ethanol extract were identified using GC-MS. The results of the study showed the cytotoxicity of pufferfish extract, expressed as an LC50 value of 49.479 ppm, which is categorized as moderately toxic. Compound analysis using GC-MS revealed 10 active compounds, consisting of: *Ethyl Acetate*, *Di-n-propyl ether*, *Propane*, *1-ethoxy-2-methyl*, *Propanoic acid- ethyl ester*, *Disulfide- dimethyl*, *Dimethyl Sulfoxide*, *S-Methyl methanethiosulfinat*, *Cyclotetrasiloxane- octamethyl*, *S-Methyl methanethiosulphonate* dan *Cyclopentasiloxane, decamethyl*.

Keywords: BSLT, GC-MS, *Tetraodotoxin*

PENDAHULUAN

Sumber daya perikanan memiliki arti penting tidak hanya sebagai komponen ekosistem, tetapi juga sebagai penopang kehidupan masyarakat pesisir yang menggantungkan hidupnya pada hasil laut. Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki keanekaragaman hayati laut yang luar biasa, termasuk di dalamnya berbagai jenis ikan dengan

nilai ekologis dan ekonomis yang signifikan. Salah satu kelompok ikan yang cukup menarik perhatian adalah ikan buntal, karena karakteristik morfologinya yang khas serta fenomena biologisnya yang unik. Ikan buntal termasuk dalam famili *Tetraodontidae* yang terdiri dari 19 genus dengan lebih dari 130 spesies berbeda (Matsuura, 2001; Nelson, 2006). Ciri utamanya terletak pada keberadaan dua gigi besar di rahang atas dan bawah yang membentuk struktur mirip paruh burung, memungkinkan ikan ini untuk memecah kerang dan moluska sebagai makanan utama (BPOM, 2006). Selain itu, kemampuan ikan buntal untuk menggembungkan tubuhnya dengan menelan air atau udara ketika merasa terancam menjadikannya salah satu spesies dengan mekanisme pertahanan diri yang unik. Menurut Shultz (2003), kemampuan ini dapat bertahan selama lebih dari dua jam, sehingga ikan buntal relatif aman dari predator alami di habitatnya.

Namun demikian, di balik keunikan morfologinya, ikan buntal lebih dikenal karena kandungan racunnya yang sangat berbahaya bagi manusia. Racun utama yang terkandung adalah tetrodotoksin (TTX), suatu jenis neurotoksin yang bersifat mematikan dan hingga kini belum ditemukan penawarnya (Nieto et al., 2012). Racun ini mampu menghambat konduksi impuls saraf dengan cara memblokir saluran natrium pada membran neuron, sehingga dapat menyebabkan kelumpuhan otot hingga kegagalan pernapasan dalam waktu singkat. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa kandungan tetrodotoksin dalam tubuh ikan buntal tidak hanya dipengaruhi oleh faktor genetik, melainkan juga oleh faktor eksternal seperti jenis makanan dan kondisi lingkungan perairan (Noguchi & Arakawa, 2008; Williams, 2010). Distribusi racun ini tidak seragam, tetapi lebih banyak terkonsentrasi pada organ-organ tertentu seperti hati, kulit, ovarium, ginjal, hingga kelenjar kelamin. Tingkat toksisitasnya sangat tinggi, bahkan dilaporkan lebih dari 1.200 kali lipat lebih kuat dibandingkan dengan racun sianida yang dikenal mematikan, sehingga menjadikannya salah satu racun alami paling berbahaya di dunia. Fakta ini menunjukkan bahwa ikan buntal memerlukan perhatian khusus dalam konteks konsumsi maupun pengelolaan perikanan.

Secara ekologis, ikan buntal memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi perairan. Spesies ini dapat ditemukan di laut, perairan tawar, maupun perairan payau (Grzimek, 1974). Distribusinya cukup luas, mencakup wilayah Samudra Hindia, Pasifik, dan Atlantik, sehingga menjadikannya salah satu kelompok ikan dengan penyebaran geografis paling luas. Weber dan de Beaufort (1962) melaporkan bahwa ikan buntal tersebar di sejumlah negara Asia, termasuk India, Sri Lanka, Thailand, Singapura, dan Indonesia. Keberadaan ikan buntal di Indonesia relatif melimpah karena kondisi perairan tropis yang sesuai untuk habitat dan perkembangbiakannya. Salah satu daerah dengan potensi keberadaan ikan buntal adalah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), yang terkenal dengan perairannya yang kaya akan biodiversitas. Di wilayah ini, ikan buntal tidak jarang tertangkap oleh nelayan, baik secara sengaja maupun sebagai tangkapan sampingan, sehingga berpotensi menimbulkan risiko bagi masyarakat apabila tidak dikelola dengan baik.

Khusus di Kabupaten Flores Timur, tepatnya di perairan Tiwatobi, Kecamatan Ile Mandiri, ditemukan salah satu jenis ikan buntal yakni *Tetraodon lunaris*. Spesies ini kerap menjadi bagian dari hasil tangkapan nelayan tradisional. Namun, pemahaman masyarakat setempat mengenai potensi bahaya dari kandungan toksin pada ikan buntal masih sangat terbatas. Banyak nelayan maupun konsumen tidak menyadari bahwa meskipun tidak semua bagian ikan buntal mengandung racun, potensi keracunan tetap tinggi apabila dikonsumsi tanpa pengetahuan yang memadai. Beberapa laporan kasus keracunan akibat konsumsi ikan buntal telah muncul di berbagai daerah di Indonesia, menunjukkan bahwa masalah ini bukan sekadar isu lokal tetapi juga isu kesehatan masyarakat yang perlu mendapatkan perhatian. Hal ini

semakin penting mengingat hingga kini belum ada data komprehensif mengenai sebaran toksin maupun identifikasi senyawa aktif yang terkandung dalam spesies *Tetraodon lunaris* di wilayah Flores Timur.

Kajian ilmiah mengenai ikan buntal sejauh ini lebih banyak dilakukan di luar negeri, terutama di Jepang dan beberapa negara Asia lainnya, yang memang memiliki tradisi kuliner memanfaatkan ikan buntal sebagai bahan makanan (misalnya *fugu*). Penelitian-penelitian tersebut umumnya menitikberatkan pada karakterisasi racun, mekanisme toksisitas, dan teknik pengolahan untuk mengurangi risiko keracunan. Sementara itu, di Indonesia, khususnya di wilayah timur seperti Nusa Tenggara Timur, penelitian mengenai aspek toksikologi ikan buntal masih relatif jarang dilakukan. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan pengetahuan (research gap), khususnya terkait dengan data sitotoksitas dan identifikasi senyawa bioaktif pada ikan buntal *Tetraodon lunaris* yang hidup di perairan lokal. Padahal, informasi ini sangat penting untuk mendukung pemahaman ilmiah mengenai potensi bahaya serta peluang pemanfaatan senyawa bioaktifnya di bidang farmasi atau biomedis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis aktivitas sitotoksik dan mengidentifikasi senyawa aktif pada ikan buntal *Tetraodon lunaris* yang ditemukan di perairan Tiwatobi, Kecamatan Ile Mandiri, Kabupaten Flores Timur. Dengan adanya kajian ini, diharapkan dapat diperoleh data ilmiah yang lebih lengkap mengenai kandungan bioaktif ikan buntal di wilayah Indonesia timur, sehingga tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu toksikologi perikanan tetapi juga mendukung upaya pencegahan kasus keracunan di masyarakat. Selain itu, hasil penelitian ini berpotensi menjadi landasan awal untuk eksplorasi pemanfaatan senyawa bioaktif ikan buntal di bidang kesehatan, farmasi, maupun industri, selama dilakukan dengan pendekatan yang aman dan terkontrol.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel ikan buntal di perairan Desa Tiwatobi, Kabupaten Flores Timur, yang kemudian dipreparasi di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Institut Keguruan dan Teknologi Lantuka. Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 75% dengan perbandingan serbuk ikan dan pelarut 1:10 selama 24 jam, dilanjutkan penyaringan serta pemekatan filtrat dengan rotary evaporator (Tukan et al., 2023). Uji sitotoksitas dilakukan dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menggunakan larva *Artemia salina* (Meyer et al., 1982), di mana larva ditetaskan dalam air laut bersuplai oksigen dan cahaya TL 25 watt pada suhu 25 °C selama 48 jam. Ekstrak uji (10 mg) dilarutkan dalam tween 80 (50 µL) dan air laut (10 mL) untuk memperoleh larutan stok 1000 ppm, kemudian dibuat konsentrasi bertingkat (0, 10, 20, 30, 40 ppm) dengan tiga kali pengulangan; larva yang tidak bergerak selama 10 detik diamati sebagai mati, dan nilai LC50 dihitung untuk menentukan tingkat toksisitas (toksik bila LC50 < 1000 ppm). Identifikasi senyawa aktif dilakukan dengan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), di mana sampel cair diinjeksi ke fase gerak kolom GC dengan laju alir 0,2 mL/menit, lalu komponen yang terpisah dianalisis oleh MS untuk menentukan profil senyawa kimia. Data hasil uji sitotoksitas dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) melalui perangkat lunak SPSS, sedangkan data hasil identifikasi senyawa aktif dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ikan buntal ini merupakan ikan yang agresif bahkan dapat mudah menyerang bagian sisik atau sirip ikan lain yang dianggap sebagai musuhnya. Ukuran tubuh ikan buntal dapat mencapai 17 cm ($6 \frac{3}{4}$ inchi). Ikan buntal juga dapat memakan bagian sirip ikan yang jadi mangsanya. Ikan buntal menyerang mangsanya dengan cara menerkam dan menggigitnya. Temuan ini sejalan dengan deskripsi morfologi dan tingkah laku *Tetraodontidae* yang dijelaskan oleh Matsura (2001) serta dokumentasi spesies air tawar oleh Kottelat et al. (1993). Pelaksanaan penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel ikan buntal di perairan Tiwatobi Kecamatan Ile Mandiri Kabupaten Flores Timur kemudian dipreparasi di ruang pengolahan Teknologi Hasil Perikanan Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka dan diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70%. Ekstrak etanol ikan buntal diuji sitotoksitas menggunakan metode BSLT, serta identifikasi senyawa aktif menggunakan GC-MS. Kedua uji dilakukan di laboratorium Pusat Studi Biofarmaka Bogor.

Sitotoksitas menggunakan Metode BSLT

Menurut Wirasuta dan Niruri (2006), uji sitotoksitas adalah suatu metode untuk menentukan potensi racun suatu senyawa serta mengenali kondisi biologis atau lingkungan munculnya efek toksik. Sitotoksitas suatu bahan dapat dilihat dari nilai LC50. Senyawa dikatakan sangat toksik apabila $LC_{50} < 1$ mg/L, toksik jika antara 1–10 mg/L, cukup toksik jika 10–100 mg/L, dan kurang toksik jika > 100 mg/L. Toksisitas ikan buntal sendiri erat kaitannya dengan kandungan tetradotoksin dan saxitoksin (Noguchi & Arakawa, 2008; Hashimoto & Kamiya, 1970), yang diketahui mampu melumpuhkan sistem saraf (Nieto et al., 2012). Sekresi lendir yang dikumpulkan dari *C. spinopus* dapat larut dalam air dan menunjukkan sifat deterjen (Kalmanzon, 1991). Uji sitotoksitas senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak ikan buntal dengan metode BSLT menggunakan larva udang *Artemia salina*. Uji dilakukan dengan mengamati tingkat kematian larva setelah diberi ekstrak dan diinkubasi 24 jam, lalu dihitung berdasarkan nilai LC50. Hasil penelitian menunjukkan nilai LC50 ekstrak etanol ikan buntal sebesar 49,479 ppm, yang berarti masuk kategori cukup toksik. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada ikan buntal pisang yang juga menunjukkan adanya kandungan fitokimia dan toksitas signifikan (Pratama et al., 2014), serta temuan pada ekstrak tumbuhan yang menggunakan metode BSLT (Parlin et al., 2022; Putri & Nasution, 2022).

Senyawa Aktif Ekstrak Etanol Ikan Buntal

Identifikasi senyawa aktif ikan Buntal (*Tetraodon lunaris*) menggunakan GC-MS. Hasil identifikasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Senyawa Aktif Ekstrak Etanol Ikan Buntal

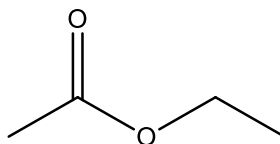
Waktu Retensi	Bobot Molekul (m/z)	Formula	Nama Senyawa
3.212	88,05	$C_4H_8O_2$	<i>Ethyl Acetate</i>
3.363	102, 10	$C_6H_{14}O$	<i>Di-n-propyl ether</i>
3.488	102,10	$C_6H_{14}O$	<i>Propane, 1-ethoxy-2-methyl</i>
3.802	102,7	$C_5H_{10}O_2$	<i>Propanoic acid, ethyl ester</i>
4.454	93,99	$C_2H_6S_2$	<i>Disulfide, dimethyl</i>
7.137	78,01	C_2H_6OS	<i>Dimethyl Sulfoxide</i>
13.382	109,99	$C_2H_6OS_2$	<i>S-Methyl methanethiosulfinate</i>
14.899	296,08	$C_8H_{24}O_4Si_4$	<i>Cyclotetrasiloxane, octamethyl</i>

Waktu Retensi	Bobot Molekul (m/z)	Formula	Nama Senyawa
17.921	125,98	C ₂ H ₆ O ₂ S ₂	<i>S-Methyl methanethiosulphonate</i>
22.448	370,09	C ₁₀ H ₃₀ O ₅ Si ₅	<i>Cyclopentasiloxane, decamethyl-</i>

Sebagaimana tersaji pada tabel 1, keberagaman senyawa mulai dari ester, eter, organosulfur, hingga siloksan menunjukkan kompleksitas profil kimia yang dimiliki ekstrak. Metode GC-MS juga sering diaplikasikan untuk menelusuri metabolit pada tanaman dan organisme laut (de Oliveira et al., 2015; Olaoye et al., 2024). Profil kimia ini memperlihatkan bahwa ekstrak ikan buntal tidak hanya mengandung senyawa toksik khas, tetapi juga molekul dengan potensi bioaktivitas luas, baik sebagai antimikroba (Osuala et al., 2025) maupun sebagai molekul yang berhubungan dengan metabolisme energi (Beasy et al., 2025).

Ethyl Acetate

Senyawa *Ethyl Acetate* muncul pada waktu retensi 3.21 menit dengan bobot molekul 88,05 g/mol dan formula C₄H₈O₂. Struktur kimia Senyawa *Ethyl Acetate* dapat dilihat pada gambar 1. Senyawa *Ethyl Acetate* merupakan pelarut yang bersifat semi polar dengan tingkat kepolaran 4,4 (Inda dan Gustri, 2020).

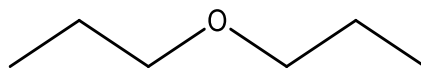


Gambar 1 Senyawa *Ethyl Acetate*

Berdasarkan gambar 1, senyawa *Ethyl Acetate* termasuk ke dalam golongan ester yang banyak digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi senyawa bioaktif karena sifatnya yang semi polar. Senyawa ini memiliki volatilitas yang cukup tinggi sehingga mudah menguap pada suhu ruang, serta dikenal relatif aman dibandingkan dengan pelarut organik lainnya (Zhang et al., 2020). Dalam konteks biologis, ethyl acetate dilaporkan mampu melarutkan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, maupun terpenoid yang sering berhubungan dengan aktivitas antimikroba, antioksidan, dan sitotoksik (de Oliveira et al., 2015; Inda & Gustri, 2020). Kehadiran senyawa ini pada ekstrak etanol ikan buntal mengindikasikan bahwa pelarut yang digunakan dalam penelitian efektif mengekstraksi komponen dengan kepolaran menengah. Hal ini sejalan dengan penelitian lain yang menggunakan pelarut organik pada uji sitotoksitas ekstrak tumbuhan dan menunjukkan adanya aktivitas biologis yang signifikan (Parlin et al., 2022; Putri & Nasution, 2022). Dengan demikian, penggunaan ethyl acetate dalam metode ekstraksi dapat dianggap mendukung optimalisasi proses isolasi senyawa bioaktif yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut (Olaoye et al., 2024; Zhang et al., 2020).

Di-n-propyl ether

Senyawa *Di-n-propyl ether* merupakan senyawa yang terdiri dari dua gugus n-propil. Senyawa ini bersifat peroksida dan bewujud cairan tidak berwarna, mudah terbakar serta berbau manis khas (Retrieved, 2012). Senyawa ini muncul pada waktu retensi 3.363 menit dengan berat molekul 102,10 g/mol dan formula C₆H₁₄O. Struktur kimia senyawa *Di-n-propyl ether* dapat dilihat pada gambar 2.

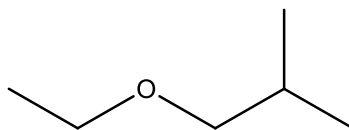


Gambar 2 Senyawa *Di-n-propyl ether*

Berdasarkan gambar 2, keberadaan *Di-n-propyl ether* pada ekstrak etanol ikan buntal menunjukkan bahwa senyawa ini merupakan salah satu komponen volatil yang berhasil terdeteksi melalui analisis GC-MS (Olaoye et al., 2024). Sifatnya yang mudah terbakar serta cenderung membentuk peroksida saat terpapar udara menjadikan senyawa ini perlu mendapat perhatian khusus dalam proses penyimpanan maupun penanganannya (Belhadj et al., 2021). Selain itu, meskipun lebih dikenal dalam industri sebagai pelarut organik dengan aroma manis yang khas (Tashrifi et al., 2020), beberapa penelitian melaporkan bahwa senyawa eter dapat berperan sebagai intermediate dalam biosintesis metabolit sekunder yang berkaitan dengan aktivitas biologis tertentu. Identifikasi *Di-n-propyl ether* dalam ekstrak ini juga mengindikasikan bahwa ikan buntal menyimpan senyawa volatil dengan potensi biologis yang bisa mendukung adanya aktivitas farmakologis, sebagaimana ditunjukkan pula oleh temuan pada uji sitotoksitas ekstrak tumbuhan (Parlin et al., 2022; Putri & Nasution, 2022). Oleh karena itu, keberadaan senyawa ini tidak hanya memperkaya profil kimia ikan buntal, tetapi juga membuka peluang penelitian lebih lanjut mengenai kontribusinya terhadap efek biologis.

Propane, 1-ethoxy-2-methyl-

Senyawa *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-* merupakan senyawa yang muncul pada waktu retensi 3.488 menit dengan berat molekul 102,10 g/mol dan formula $C_6H_{14}O$. Struktur kimia senyawa *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-* dapat dilihat pada gambar 3.



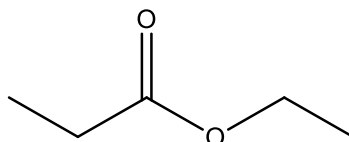
Gambar 3 senyawa *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-*

Berdasarkan gambar 3, menunjukkan bahwa *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-* terdeteksi pada waktu retensi 3,488 menit dengan berat molekul 102,10 g/mol dan formula molekul $C_6H_{14}O$. Senyawa ini termasuk ke dalam golongan eter alifatik yang umumnya berupa cairan tidak berwarna, mudah menguap, serta larut sebagian dalam pelarut organik (Olaoye et al., 2024). Eter alifatik dikenal sebagai senyawa volatil yang dapat berperan dalam memberikan aroma khas pada ekstrak, sekaligus sering muncul sebagai hasil samping metabolisme sekunder organisme laut (Pratama et al., 2014). Kehadiran *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-* pada ekstrak etanol ikan buntal mengindikasikan adanya komponen bioaktif yang berkontribusi terhadap karakteristik kimiawi maupun potensi biologis ekstrak. Beberapa penelitian melaporkan bahwa senyawa eter tertentu mampu menunjukkan aktivitas farmakologis seperti antimikroba (Osuala et al., 2025) dan antioksidan (Tukan et al., 2023), meskipun mekanisme spesifiknya masih memerlukan penelitian lanjutan. Identifikasi senyawa ini juga dapat mendukung kemungkinan adanya aktivitas sitotoksik pada ekstrak ikan buntal, sebagaimana dilaporkan dalam uji biologis berbasis Brine Shrimp Lethality Test pada ekstrak etanol tumbuhan (Parlin et al., 2022; Putri & Nasution, 2022). Dengan demikian, deteksi *Propane, 1-ethoxy-2-methyl-* tidak hanya memperkaya profil metabolit sekunder pada ikan buntal, tetapi juga membuka peluang kajian lebih mendalam terkait kontribusinya terhadap efek farmakologis yang mungkin dimiliki ekstrak tersebut.

Propanoic acid, ethyl ester

Senyawa *Propanoic acid, ethyl ester* merupakan *etil ester* dari asam *propanoat* yang dikenal memiliki aroma khas menyerupai buah nanas, sehingga sering dimanfaatkan dalam

industri pangan sebagai bahan tambahan perisa maupun pewangi (Zhang et al., 2020). Senyawa ini memiliki titik didih sekitar 99 °C dan densitas 0,888 g/mL pada suhu 25 °C, sehingga stabil dalam kondisi normal. *Propanoic acid, ethyl ester* dapat diperoleh melalui reaksi esterifikasi Fischer antara asam propanoat dan etanol (Essex & Sandholzer, 1938). Pada analisis GC-MS, senyawa ini muncul pada waktu retensi 3,802 menit dengan berat molekul 102,7 g/mol dan formula molekul C₅H₁₀O₂. Struktur kimianya dapat dilihat pada Gambar 4.

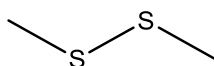


Gambar 4. Senyawa *Propanoic acid, ethyl ester*

Berdasarkan Gambar 4, kehadiran *Propanoic acid, ethyl ester* pada ekstrak etanol ikan buntal menunjukkan adanya metabolit volatil dengan peran ganda, baik dalam memberikan aroma khas maupun sebagai senyawa multifungsi yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang. Selain sebagai flavor dan fragrance, ester alifatik ini juga dimanfaatkan sebagai pelarut serta bahan perantara dalam sintesis senyawa organik kompleks (de Oliveira et al., 2015; Olaoye et al., 2024). Kehadiran senyawa ini dalam ekstrak mengindikasikan bahwa ikan buntal menyimpan keragaman metabolit sekunder dengan potensi aplikasi pada bidang pangan, farmasi, maupun kimia terapan. Hal ini memperkuat pemahaman bahwa senyawa volatil hasil metabolisme organisme laut dapat berkontribusi tidak hanya pada karakteristik organoleptik, tetapi juga pada aktivitas biologis yang layak diteliti lebih lanjut (Noguchi & Arakawa, 2008; Parlin et al., 2022).

Disulfide, dimethyl

Senyawa *Disulfide, dimethyl* merupakan senyawa yang muncul pada waktu retensi 4.454 menit, dengan berat molekul 93,99 g/mol dan formula C₂H₆S₂. Struktur kimia senyawa *Disulfide, dimethyl* dapat dilihat pada gambar 5.



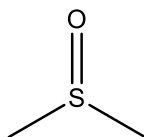
Gambar 5 Senyawa *Disulfide, dimethyl*

Berdasarkan Gambar 5, senyawa *Disulfide, dimethyl* merupakan salah satu turunan organosulfur volatil yang dikenal memiliki aroma tajam menyerupai bawang putih. Secara fisik, senyawa ini berupa cairan berminyak tak berwarna, memiliki densitas lebih tinggi dibandingkan air, dan kelarutannya terbatas dalam pelarut polar. Keberadaannya dalam ekstrak etanol ikan buntal mengindikasikan kontribusi metabolit sekunder organosulfur terhadap keragaman profil volatil. Dalam bidang kimia terapan, dimetil disulfida banyak dimanfaatkan sebagai pelarut, bahan perantara dalam sintesis pestisida, serta pasivator katalis karena sifat reaktivitasnya yang tinggi (Tashrifi et al., 2020). Dari sisi biologis, senyawa organosulfur volatil sering diasosiasikan dengan sifat antimikroba dan aktivitas pertahanan organisme terhadap tekanan lingkungan (Joller et al., 2020; Osuala et al., 2025). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa pembentukan senyawa volatil seperti dimetil disulfida dan trisulfida dipengaruhi oleh kondisi oksidasi serta interaksi dengan asam amino sulfur, yang menjelaskan kehadirannya pada sistem biologis maupun pangan (Zhang et al., 2023). Deteksi *Disulfide, dimethyl* pada ekstrak etanol ikan buntal mendukung hipotesis bahwa selain mengandung toksin

kelas seperti tetrodotoksin (Noguchi & Arakawa, 2008), ikan buntal juga menyimpan molekul volatil dengan potensi aplikatif di bidang pangan, farmasi, maupun industri kimia. Hal ini membuka peluang riset lanjutan terkait bioaktivitas, keamanan, dan pemanfaatannya sebagai senyawa alami bernilai tinggi.

Dimethyl Sulfoxide

Senyawa *Dimethyl Sulfoxide* merupakan senyawa yang muncul pada waktu retensi 7.137 menit, dengan berat molekul 78,01 g/mol dan formulasi C_2H_6OS . *Dimetil disulfida* (DMS) adalah senyawa organik volatil yang tidak berwarna hingga kuning pucat, dengan bau menyengat seperti bawang putih, digunakan sebagai bahan tambahan makanan dan fumigan tanah untuk mengendalikan nematoda dan patogen tanaman (Volkel, W. 2006). Struktur kimia senyawa *Dimethyl Sulfoxide* dapat dilihat pada gambar 6.

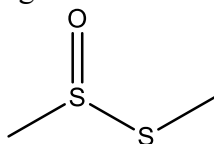


Gambar 6 Senyawa *Dimethyl Sulfoxide*

Berdasarkan Gambar 6, DMSO merupakan senyawa organik polar aprotik yang memiliki sifat fisik berupa cairan tidak berwarna hingga kekuningan dengan bau khas yang kuat. Sifat kelarutannya yang unik memungkinkan DMSO melarutkan berbagai senyawa organik maupun anorganik. Berbeda dengan dimetil disulfida yang bersifat volatil dengan aroma bawang putih, DMSO lebih dikenal karena fungsinya sebagai pelarut serbaguna, krioprotektan dalam penyimpanan sel beku, serta medium transportasi karena kemampuannya menembus membran biologis (Tashrifi et al., 2020). Dalam bidang biomedis, DMSO sering dimanfaatkan sebagai pelarut obat, agen antiinflamasi, serta adjuvan dalam terapi berbasis sel (Nieto et al., 2012). Sementara di sektor pertanian, senyawa ini dapat digunakan sebagai pelarut pestisida maupun fumigan tanah untuk menekan populasi nematoda dan patogen tanaman (BPOM, 2006; Joller et al., 2020). Kehadiran DMSO pada ekstrak etanol ikan buntal menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan tidak terbatas pada senyawa volatil beraroma, tetapi juga mencakup molekul multifungsi dengan potensi tinggi dalam riset farmakologi maupun aplikasi industri. Hal ini memperkaya pemahaman tentang kompleksitas kimiawi ikan buntal, yang selama ini lebih banyak dikaitkan dengan kandungan tetrodotoksin (Noguchi & Arakawa, 2008; Pratama et al., 2014).

S-Methyl methanethiosulfinate

Senyawa *S-Methyl methanethiosulfinate* muncul pada waktu retensi 13.382 menit, dengan berat molekul 109,99 g/mol dan formulasi $C_2H_6OS_2$. Struktur senyawa *S-Methyl methanethiosulfinate* dapat dilihat pada gambar 7.

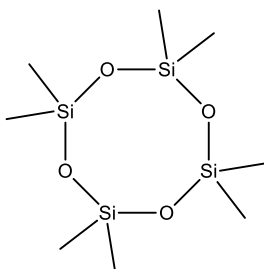


Gambar 3. Senyawa *S-Methyl methanethiosulfinate*

Berdasarkan Gambar 7, senyawa ini termasuk golongan organosulfur volatil yang secara alami banyak ditemukan pada tanaman dari famili *Brassicaceae* seperti kubis, brokoli, dan bawang. Senyawa ini terbentuk melalui jalur enzimatik dari prekursor sulfur, menghasilkan aroma tajam khas yang sering dikaitkan dengan metabolit pertahanan tumbuhan. Dalam bidang biologi molekuler, *S-Methyl methanethiosulfinate* dikenal sebagai reagen untuk mempelajari interaksi protein yang dipengaruhi oleh kondisi redoks, khususnya melalui kemampuan memodifikasi gugus tiol pada protein. Sejumlah penelitian melaporkan aktivitas biologisnya, termasuk sifat antimikroba, antimutagenik, serta potensinya sebagai agen kemopreventif terhadap kerusakan oksidatif sel (Joller et al., 2020; Beasy et al., 2025). Namun, senyawa ini juga diketahui memiliki tingkat toksisitas tertentu dengan nilai LD50 yang relatif rendah, sehingga penggunaannya memerlukan kehati-hatian. Deteksi *S-Methyl methanethiosulfinate* dalam ekstrak etanol ikan buntal menunjukkan bahwa selain metabolit aromatik dan toksin khas seperti tetrodotoksin (Noguchi & Arakawa, 2008; Pratama et al., 2014), ikan buntal juga menghasilkan senyawa organosulfur dengan potensi bioaktivitas tinggi. Kehadirannya memperkuat indikasi bahwa metabolit sekunder pada ikan buntal tidak hanya berkontribusi pada karakteristik kimiawi dan organoleptik, tetapi juga memiliki relevansi farmakologis yang layak dieksplorasi lebih lanjut.

Cyclotetrasiloxane, octamethyl

Senyawa ini muncul pada waktu retensi 14.899 menit dengan berat molekul 296.08 g/mol dan formulasi $C_8H_{24}O_4Si_4$. Rumus kimia senyawa *Cyclotetrasiloxane, octamethyl* dapat dilihat pada gambar 8.

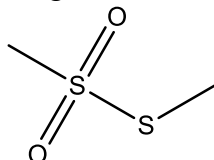


Gambar 8. Senyawa *Cyclotetrasiloxane, octamethyl*

Pada gambar 8, terlihat bahwa senyawa *Cyclotetrasiloxane, octamethyl* yang teridentifikasi pada ekstrak ikan buntal merupakan salah satu jenis organosilikon siklik yang banyak diaplikasikan pada berbagai produk industri maupun kebutuhan sehari-hari. Senyawa ini dikenal sebagai komponen utama dalam cyclomethicone, yaitu bahan yang umum ditemukan pada kosmetik, deodoran, lotion, dan produk perawatan kulit karena mampu memberikan sensasi lembut, ringan, sekaligus berfungsi sebagai emolien serta pelarut (Wirasuta & Niruri, 2006). Dari sisi struktur, konfigurasi cincin siloksan yang dimilikinya relatif stabil dan tahan terhadap degradasi kimia, sehingga senyawa ini sering dimanfaatkan pada pembuatan polimer silikon maupun elastomer (Belhadj et al., 2021). Namun demikian, volatilitas *Cyclotetrasiloxane, octamethyl* juga menjadikannya perhatian dalam kajian toksikologi lingkungan. Penyebarannya yang luas di udara maupun perairan menimbulkan potensi akumulasi pada biota akuatik sehingga pemantauan konsentrasi dan dampaknya menjadi penting (Noguchi & Arakawa, 2008). Identifikasi senyawa ini dalam ekstrak ikan buntal memberi indikasi adanya interaksi kompleks antara metabolit sekunder dengan kontaminan lingkungan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi profil kimia serta aktivitas biologis ekstrak yang diteliti (Pratama et al., 2014; Olaoye et al., 2024).

S-Methyl methanethiosulphonate

Senyawa *S-Methyl methanethiosulphonate* muncul pada waktu retensi 17.921 menit dengan berat molekul 125,98 dan formula $C_2H_6O_2S_2$. Struktur kimia senyawa *S-Methyl methanethiosulphonate* dapat dilihat pada gambar 9.

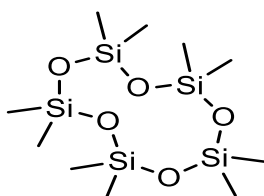


Gambar 4. Senyawa *S-Methyl methanethiosulphonate*

Pada gambar 9, senyawa *S-Methyl methanethiosulphonate* (MMTS) yang terdeteksi pada ekstrak ikan buntal termasuk dalam kelompok organosulfur volatil yang bersifat cair, tidak berwarna, serta memiliki reaktivitas tinggi. Senyawa ini banyak dimanfaatkan dalam penelitian biokimia karena berfungsi sebagai reagen untuk memodifikasi gugus tiol (-SH) pada protein, sehingga mempermudah kajian mekanisme kerja protein yang terkait dengan regulasi redoks (Joller et al., 2020). Selain itu, MMTS juga dikenal sebagai agen metilasi dan pengikat silang pada sintesis organik, terutama dalam pengembangan material polimer fungsional (Tashrifi et al., 2020). Dari perspektif biologis, metabolit MMTS telah dilaporkan berpengaruh pada metabolisme energi sel kanker prostat, menunjukkan potensi aplikasi dalam bidang farmakologi (Beasy et al., 2025). Namun, sisi lain dari senyawa ini adalah sifat toksiknya yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap organisme jika terakumulasi dalam jumlah tinggi di lingkungan (Wirasuta & Niruri, 2006). Oleh karena itu, identifikasi MMTS pada ekstrak etanol ikan buntal memberikan gambaran mengenai kompleksitas interaksi antara metabolit sekunder alami dengan senyawa kontaminan, yang berpotensi memengaruhi aktivitas biologis maupun toksisitas ekstrak secara keseluruhan (Pratama et al., 2014; Olaoye et al., 2024).

Cyclopentasiloxane, decamethyl

Senyawa ini muncul pada waktu retensi 22.448 menit dengan berat molekul 370,09 g/mol dan formulasi $C_{10}H_{30}O_5Si_5$. Struktur kimia senyawa *Cyclopentasiloxane, decamethyl* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Senyawa *Cyclopentasiloxane, decamethyl*

Pada gambar 10, senyawa *Cyclopentasiloxane, decamethyl* yang teridentifikasi menunjukkan konfigurasi cincin siloksan dengan substituen metil pada setiap atom silikon. Struktur ini menjelaskan stabilitas kimianya yang tinggi, ketahanan terhadap oksidasi, serta sifat volatilitas yang cukup besar. Karakteristik tersebut menjadikan senyawa ini banyak digunakan dalam industri, khususnya sebagai bahan formulasi kosmetik, parfum, deodoran, hingga produk perawatan kulit, karena mampu memberikan sensasi halus, ringan, serta bertindak sebagai emolien dan agen pembawa zat aktif (Noguchi & Arakawa, 2008). Selain itu, sifat hidrofobiknya membuat *Cyclopentasiloxane* efektif sebagai lapisan pelindung pada

permukaan kulit maupun bahan lain, sehingga berperan penting dalam meningkatkan daya sebar dan stabilitas suatu sediaan (Joller et al., 2020). Namun, beberapa studi toksikologi menunjukkan bahwa senyawa berbasis siloksan volatil memiliki potensi untuk menyebar luas di lingkungan melalui udara maupun perairan, sehingga pemantauan terhadap akumulasi dan dampaknya pada organisme akuatik tetap diperlukan (Wirasuta & Niruri, 2006). Identifikasi keberadaan Cyclopentasiloxane, decamethyl dalam ekstrak ikan buntal memperkuat gambaran kompleksitas profil kimia yang tidak hanya dipengaruhi oleh metabolit endogen, tetapi juga kemungkinan adanya kontaminan lingkungan yang berperan dalam menentukan karakteristik bioaktivitas maupun toksisitas ekstrak tersebut (Pratama et al., 2014; Olaoye et al., 2024).

KESIMPULAN

Hasil penelitian uji tokosisitas dan identifikasi senyawa aktif Ikan Buntal (*Tetraodon lunaris*) menunjukan toksisitas pada ikan buntal masuk dalam kategori cukup toksik dengan nilai LC50 sebesar 49,479 ppm. Hasil identifikasi senyawa aktif dengan GC-MS di temukan 10 senyawa aktif yang terdiri dari: *Ethyl Acetate*, *Di-n-propyl ether*, *Propane*, *1-ethoxy-2-methyl, Propanoic acid- ethyl ester*, *Disulfide- dimethyl*, *Dimethyl Sulfoxide*, *S-Methyl methanethiosulfinate*, *Cyclotetrasiloxane- octamethyl*, *S-Methyl methanethiosulphonate* dan *Cyclopentasiloxane, decamethyl*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). (2006). *Keputusan Kepala Badan POM No HK.00.05.52.4040 tentang kategori pangan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). *SNI 04-7182-2006*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Beasy, G., Bernuzzi, F., Day-Walsh, P., Tronsco-Rey, P., Defernez, M., Saha, S., ... & Kroon, P. A. (2025). S-Methyl methanethiosulfonate, the main human metabolite of S-Methyl-L-Cysteine sulfoxide, alters energy metabolism in prostate cancer cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 69(8), e70008.
- Belhadj, N., Benoit, R., Dagaut, P., Lailliau, M., Serinyel, Z., & Dayma, G. (2021). Oxidation of *Di-n-propyl ether*: Characterization of low-temperature products. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38(1), 337-344.
- de Oliveira, A. P., Guimarães, L., Turatti, I. C. C., Lopes, N. P., & da Silva Almeida, J. R. G. (2015). GC-MS analysis of esterified fatty acids obtained from leaves of wild and cultivated specimens of *Leonotis nepetifolia*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(16), 525-530.
- Erni. (2008). *Pengawasan Kencana*. Jakarta.
- Hasan. (2008). *Manajemen pemasaran dan marketing*. Yogyakarta: Media Utama.
- Hashimoto, Y., & Kamiya, H. (1970). Food chain hypothesis on the origin of marine toxins. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 36, 425-434.
- Joller, C., De Vrieze, M., Moradi, A., Fournier, C., Chinchilla, D., L'Haridon, F., ... & Weisskopf, L. (2020). S-methyl methanethiosulfonate: Promising late blight inhibitor or broad range toxin? *Pathogens*, 9(6), 496.
- Kalmanzon. (1991). *Untuk sukresi yang berasal dari ikan kudu-kudu Ostracion cubicus*.
- Kottelat, M., Whitten, J. N., Kartikasari, S. N., & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Ikan air tawar dari Indonesia bagian barat dan Sulawesi*. Jakarta: CV Jaya Buku.
- Matsura, K. (2001). *Tetraodontidae* (pp. 3954–3957). Dalam J. S. Nelson (2006), *Family Tetraodontiformes*.

- Nieto, F. R., Cobos, E. J., Tejada, M. A., Fernandez, C. S., Cano, R. G., & Cendán, C. M. (2012). Tetrodotoxin (TTX) as a therapeutic agent for pain. *Marine Drugs*, 10, 281-305.
- Noguchi, T., & Arakawa, O. (2008). Tetrodotoxin distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Marine Drugs*, 6, 220-242.
- Olaoye, A. B., Idowu, K. S., & Awonegan, A. P. (2024). GC-MS fingerprinting of methanolic extract of *Moringa oleifera* stem, leaf and root. *Tropical Journal of Phytochemistry and Pharmaceutical Sciences*, 3(4), 254-260.
- Osuala, O. J., Ezemba, C. C., Etikudike, V., Chukwuma, C., Okonko, I. O., Nnadi, C., ... & Agedah, C. E. (2025). Antimicrobial activity of curry leaf (*Murraya koenigii*) extracts: An in-vitro study. *Covenant Journal of Physical and Life Sciences*, 13(1), 1-7.
- Parlin, D. A., Nasution, M. P., Nasution, H. M., & Daulay, A. S. (2022). Skrining fitokimia dan uji sitotoksitas ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*) dengan metode BSLT. *Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan*, 2(1), 38-48.
- Pratama, G., Nurjanah, R. S., & Jacob, A. M. (2014). Kandungan kimia, fitokimia, dan toksisitas ikan buntal pisang dari Kabupaten Cirebon. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(2), 127-133.
- Putri, A. P., & Nasution, M. P. (2022). Skrining fitokimia dan uji sitotoksitas ekstrak etanol daun tapak dara (*Catharanthus roseus* L.) dengan metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *Journal of Health and Medical Science*, 203-219.
- Saanin, H. (1984). *Taksonomi dan kunci identifikasi ikan I*. Bogor: Binacipta.
- Tashrifi, Z., Khanaposhtani, M. M., Larijani, B., & Mahdavi, M. (2020). *Dimethyl Sulfoxide*: Yesterday's solvent, today's reagent. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 362(1), 65-86.
- Tukan, M. M. N. M., Falah, S., Andrianto, D., & Najmah. (2023). Antioxidant activity and inhibition of α -glucosidase from yellow root extract (*Fatoua pilosa* Gaudich) in vitro. *Jambura Journal of Chemistry*.
<https://doi.org/10.34312/jambchem.v5i2.20503>
- Williams. (2010). *Ilmu kebidanan patologi dan fisiologi*.
- Wirasuta, & Niruri. (2006). *Toksikologi umum*. Bandung: Universitas Udayana.
- Yusfiati, S., Sigit, K., Affandi, R., & Nurhidayat. (2006). Anatomi pencernaan ikan buntal (*Tetraodon lunaris*). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 6(1), 11-21.
- Zhang, S., Guo, F., Yan, W., Dong, W., Zhou, J., Zhang, W., ... & Jiang, M. (2020). Perspectives for the microbial production of ethyl acetate. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(17), 7239-7245.
- Zhang, Z., Wang, B., & Cao, Y. (2023). Factors influencing the formation of dimethyl disulfide and dimethyl trisulfide in model systems. *Food Research International*, 172, 113200.