

## Korelasi Kandungan Fitokimia dengan Kondisi Lingkungan pada Ekstrak Bivalvia dan Gastropoda Asal Perairan Semarang

**Sauwa Khusna Salsabilla\*, Delianis Pringgenies, Agus Sabdono**

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
Corresponding author, e-mail: [sauwasalsabilla@gmail.com](mailto:sauwasalsabilla@gmail.com)

**ABSTRAK:** Metabolit sekunder pada moluska mangrove berperan penting dalam adaptasi terhadap kondisi lingkungan ekstrem dan memiliki potensi bioaktif yang signifikan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi kandungan fitokimia pada tiga spesies moluska dari perairan mangrove Mangkang, Semarang, yakni *Polymesoda erosa*, *Cerithidea obtusa*, dan *Cassidula aurisfelis*, serta menganalisis korelasinya dengan kondisi lingkungan. Sampel diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan etanol 96% dan diuji fitokimia secara kualitatif meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, dan fenolik. Parameter lingkungan yang diukur meliputi suhu (28°C), pH (7), dan salinitas (31 ppt) saat musim kemarau. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ketiga spesies positif mengandung alkaloid (pereaksi Wagner dan Dragendorff). *P. erosa* memiliki profil metabolit lebih lengkap dengan adanya alkaloid, saponin, dan steroid, *C. aurisfelis* mengandung alkaloid dan saponin, sedangkan *C. obtusa* hanya mengandung alkaloid. Flavonoid dan enolik tidak terdeteksi pada semua spesies. Perbedaan komposisi metabolit sekunder antar spesies mencerminkan strategi adaptasi yang berbeda terhadap tekanan lingkungan mangrove dengan salinitas tinggi dan substrat kaya bahan organik. Penelitian ini memberikan data dasar mengenai potensi bioaktif moluska lokal yang dapat dikembangkan untuk aplikasi farmasetikal dan nutrasetikal berbasis sumber daya hayati laut Indonesia.

**Kata kunci:** Metabolit Sekunder; Moluska; Mangrove; Fitokimia

### ***Correlation of Phytochemical Content with Environmental Condition in Bivalvia and Gastropod Extracts from Semarang Waters***

**ABSTRACT:** Secondary metabolites in mangrove mollusks play an important role in adaptation to extreme environmental conditions and possess significant bioactive potential. This study aimed to identify phytochemical content in three mollusk species from mangrove waters of Mangkang, Semarang, namely *Polymesoda erosa* (bivalvia), *Cerithidea obtusa*, and *Cassidula aurisfelis* (gastropoda), and analyze their correlation with environmental conditions. Samples were extracted using maceration method with 96% ethanol and qualitatively tested for phytochemicals including alkaloids, flavonoids, saponins, steroids, and phenolics. Environmental parameters measured included temperature (28°C), pH (7), and salinity (31 ppt) on muddy substrate during dry season. Phytochemical test results showed that all three species tested positive for alkaloids (Wagner and Dragendorff reagents). *P. erosa* exhibited the most complete metabolite profile containing alkaloids, saponins, and steroids. *C. aurisfelis* contained alkaloids and saponins, while *C. obtusa* contained only alkaloids. Flavonoids and phenolics were not detected in all species. The differences in secondary metabolite composition among species reflect distinct adaptation strategies to mangrove environmental pressures with high salinity and organic-rich substrate. This study provides baseline data on the bioactive potential of local mollusks that can be developed for pharmaceutical and nutraceutical applications based on Indonesian marine biological resources.

**Keywords:** Secondary Metabolites; Mollusks; Mangrove; Phytochemical

## PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai keanekaragaman hayati laut yang sangat tinggi, khususnya di wilayah pesisir yang menjadi habitat berbagai organisme, termasuk kelompok moluska seperti bivalvia dan gastropoda. Salah satu ekosistem penting terdapat di pesisir Kota Semarang, khususnya daerah Mangkang, yang didominasi hutan mangrove. Ekosistem mangrove dikenal sebagai lingkungan yang unik dengan kondisi salinitas dan tekanan osmotik yang ekstrem (Karimah, 2017). Kondisi ekstrem tersebut mendorong organisme yang hidup di dalamnya untuk mengembangkan mekanisme adaptasi khusus melalui produksi metabolit sekunder yang beragam (Perangin-angin *et al.*, 2019).

Metabolit sekunder merupakan senyawa organik non esensial yang tidak berperan langsung dalam proses metabolisme primer, pertumbuhan, maupun perkembangan organisme. Namun, senyawa ini memiliki fungsi penting dalam pertahanan terhadap patogen, predator, maupun tekanan lingkungan (Astuti dan Respatie, 2022). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metabolit sekunder memiliki aktivitas biologis yang signifikan, di antaranya sebagai antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, hingga antikanker (Rui *et al.*, 2025). Oleh karena itu, metabolit sekunder telah menjadi fokus penting dalam bioprospeksi sumber daya hayati laut.

Biota laut secara luas telah diteliti sebagai penghasil senyawa bioaktif unik yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku obat-obatan maupun produk kesehatan (Hasanah *et al.*, 2012). Bivalvia dan gastropoda sebagai kelompok moluska yang melimpah di perairan tropis diketahui mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan beragam aktivitas biologis (Putri *et al.*, 2012). Namun demikian, kajian mengenai metabolit sekunder pada spesies moluska lokal Indonesia, seperti gastropoda dan bivalvia, khususnya yang berhabitat di ekosistem mangrove, masih relatif terbatas dibandingkan penelitian pada organisme laut lainnya. Padahal Nurjanah *et al.* (2011), menegaskan bahwa kandungan metabolit sekunder pada gastropoda maupun bivalvia berpotensi besar sebagai sumber farmakologis, nutrasetikal maupun farmasetikal.

Penelitian ini berfokus pada tiga spesies moluska yang umum ditemukan di perairan mangrove Mangkang, Semarang, yaitu *Cerithidea obtusa*, *Cassidula aurisfelis*, dan *Polymesoda erosa*. Pemilihan ketiga spesies ini didasarkan pada masih minimnya penelitian secara komprehensif mengenai metabolit sekundernya, meskipun mereka memiliki distribusi luas di wilayah Indo-Pasifik serta menunjukkan adaptasi baik terhadap kondisi ekstrem ekosistem mangrove. *C. obtusa* dikenal sebagai gastropoda detritivor yang hidup di substrat lumpur mangrove (Rusnaningsih dan Patria, 2020). *C. aurisfelis* merupakan gastropoda yang sensitif terhadap perubahan lingkungan sehingga potensial dijadikan bioindikator (Maharani *et al.*, 2024). Sementara itu, *P. erosa* adalah bivalvia filtrator yang hidup pada sedimen berlumpur dan berperan penting dalam siklus ekosistem mangrove (Yesika *et al.*, 2025).

Identifikasi kandungan metabolit sekunder pada penelitian ini dilakukan melalui uji fitokimia kualitatif. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran pendahuluan untuk penelitian lebih lanjut sehingga dapat berkontribusi dalam berbagai aspek. Pertama, sebagai kajian awal terkait kandungan metabolit sekunder pada tiga spesies moluska khas perairan Mangkang, Semarang. Kedua, menyediakan data dasar mengenai potensi bioaktif moluska lokal yang dapat menjadi referensi penelitian lanjutan. Ketiga, mendukung upaya bioprospeksi sumber daya hayati laut Indonesia untuk pengembangan produk farmasetikal dan nutrasetikal berbasis bahan alam. Hal ini sejalan dengan tren global dalam pemanfaatan sumber daya alam sebagai bahan baku obat-obatan yang berkelanjutan.

## MATERI DAN METODE

Sampel moluska diambil dari perairan Semarang dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Sampel yang diambil mewakili tiap-tiap kelas moluska. Sekop digunakan untuk menggali substrat di mana kelas bivalvia umumnya membenamkan diri. Kelas gastropoda yang menempel pada pohon mangrove dan di substrat diambil menggunakan tangan. Sampel yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* dan disimpan ke dalam *coolbox*. Koordinat dan

parameter lingkungan pengambilan sampel diukur menggunakan GPS dan *water quality checker*. Mathius *et al.* (2018), menyatakan bahwa pengukuran parameter lingkungan sangat penting untuk mengetahui pengaruhnya terhadap suatu organisme.

Sampel bivalvia (*Polymesoda erosa*) dan gastropoda (*Cerithidea obtusa* dan *Cassidula aurisfelis*) diperoleh dari perairan Mangkang, Kota Semarang dengan titik koordinat 6°56'48.4"S 110°19'40.8"E. Sampel ditemukan di ekosistem mangrove di mana peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampel moluska yang telah diambil kemudian dibilas menggunakan air laut. Jaringan lunak dan cangkang moluska dipisahkan menggunakan pinset steril. Jaringan lunak moluska kemudian dikeringkan pada ruangan yang tidak terkena sinar matahari secara langsung. Proses pengeringan dilakukan kurang lebih selama 4-7 hari hingga jaringan lunak moluska mengering. Sampel jaringan lunak moluska yang telah kering ditimbang menggunakan neraca analitik kemudian dihaluskan menggunakan *chopper*. Sampel yang telah dihaluskan kemudian diekstrak menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96% selama 2 x 24 jam. Setiap spesies moluska yang diperoleh diekstraksi pada erlenmeyer yang berbeda. Perbandingan sampel dengan pelarut yakni 1:7 (g:ml). Erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* kemudian dibungkus menggunakan plastik hitam untuk menghindari terjadinya degradasi terhadap sampel. Setelah 2 x 24 jam, hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil maserasi kemudian dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* untuk memperoleh sampel dengan konsentrasi pekat atau membentuk pasta (Chairunnisa *et al.*, 2019). Suhu evaporasi yang digunakan yakni 40°C dengan kecepatan 70 rpm. Suhu yang digunakan sebesar 40°C bertujuan agar senyawa yang terkandung pada ekstrak tidak rusak (Sukmawati *et al.*, 2018).-Hasil yang didapatkan berupa ekstrak berbentuk pasta.

Uji fitokimia yang dilakukan yakni meliputi uji alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, dan fenolik. Uji alkaloid dilakukan dengan melarutkan ekstrak kemudian direaksikan menggunakan reagen Mayer, Wagner, dan Dragendorff. Positif adanya senyawa alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan kuning pada penambahan reagen Mayer, endapan merah maupun cokelat pada penambahan reagen Wagner, dan endapan merah pada



**Gambar 1.** Peta Perairan Mangkang, Kota Semarang

penambahan reagen Dragendorff (Triwahyuono dan Hidajati, 2020). Uji Flavonoid dilakukan dengan melarutkan ekstrak menggunakan akuades kemudian dipanaskan dan ditambah 0,1 gram bubuk Mg dan 2 tetes HCl pekat (Royani *et al.*, 2024; Triwahyuono dan Hidajati, 2020). Positif adanya senyawa Flavonoid ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi merah, kuning, maupun jingga (Lumowa dan Bardin, 2018). Uji saponin dilakukan dengan melarutkan ekstrak menggunakan akuades kemudian diguncangkan dan dipanaskan selama 2-3 menit. Setelah dipanaskan, didinginkan dan diguncangkan kembali. Ketika busa terbentuk, ditambahkan HCl 2-3 tetes untuk mempertahankan busa. Positif adanya senyawa saponin ditandai dengan keberadaan busa yang stabil (Jamal dan Yousef, 2018; Royani *et al.*, 2024; Triwahyuono dan Hidajati, 2020). Uji steroid dilakukan dengan melarutkan ekstrak menggunakan etanol 95%. Reagen Liebermann-Burchard kemudian ditambahkan beberapa tetes untuk memicu reaksi (Sulistyarini *et al.*, 2020). Campuran diguncangkan perlahan agar homogen kemudian dibiarkan selama beberapa menit. Positif adanya senyawa steroid ditandai dengan terbentuknya warna biru atau hijau (Royani *et al.*, 2024). Uji fenolik dilakukan dengan melarutkan ekstrak menggunakan metanol 60-70% ditambah 10 tetes FeCl<sub>3</sub> 1%. Positif adanya senyawa fenolik ditandai dengan terbentuknya warna hitam, biru, merah, hijau, maupun ungu (Triwahyuono dan Hidajati, 2020).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang diperoleh diidentifikasi dengan bantuan *website* World Register of Marine Species (WoRMS) dan literatur yang ada. Hasil identifikasi sampel yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil identifikasi sampel menunjukkan adanya keanekaragaman moluska di perairan Semarang yang sesuai dengan habitat alaminya. *Polymesoda erosa* ditemukan dominan pada area ekosistem mangrove dengan substrat berlumpur yang lembab, sedangkan *Cerithidea obtusa* dan *Cassidula aurisfelis* ditemukan pada kawasan mangrove dengan karakteristik sedimen halus dan tingkat fluktuasi salinitas yang relatif tinggi. Pola distribusi ketiga spesies ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa kelompok bivalvia maupun gastropoda memiliki preferensi habitat spesifik sesuai kondisi ekosistem dan kualitas perairan (Nadaa *et al.*, 2021). Spesialisasi habitat ini bukan hanya memengaruhi aspek ekologi, tetapi juga berimplikasi terhadap variasi komposisi metabolit sekunder. Adaptasi moluska terhadap kondisi lingkungan yang berbeda diyakini menjadi pemicu munculnya senyawa bioaktif yang spesifik sebagai mekanisme survival dan proteksi. Keberadaan ketiga spesies ini sekaligus menegaskan bahwa kawasan pesisir Semarang memiliki ekosistem yang masih mampu mendukung diversitas moluska dengan potensi bioaktif yang kaya dan beragam.

Kondisi parameter kualitas perairan pada lokasi pengambilan dilakukan pengukuran secara *in situ*. Parameter yang diukur berupa suhu, pH, dan salinitas. Kondisi sedimentasi, musim, dan pasang surut juga diamati. Hasil pengukuran dan pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter kualitas perairan pada saat pengambilan sampel menunjukkan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan moluska. Suhu tercatat stabil pada 28°C, pH netral (7), serta salinitas 31 ppt. Suhu 28°C termasuk kategori ideal bagi moluska tropis karena berperan penting dalam mengatur aktivitas metabolisme, siklus reproduksi, serta laju pertumbuhan organisme. Hal ini dipertegas oleh Cintia *et al.* (2023), bahwa suhu merupakan faktor kunci yang secara langsung memengaruhi dinamika metabolisme dan aktivitas enzimatis. Kondisi pH netral mengindikasikan keseimbangan asam-basa yang stabil, suatu faktor penting bagi keberlangsungan proses fisiologis termasuk sintesis metabolit sekunder. Sesuai dengan temuan Jauharany dan Widyastuti (2017), bahwa keseimbangan asam-basa harus diperhatikan secara seksama sebab perubahan pH dapat memengaruhi fungsi organ organisme dan bahkan mengganggu aktivitas enzimatis intraseluler.

Salinitas perairan sebesar 31 ppt menunjukkan kisaran yang mendekati kondisi laut normal sehingga sesuai bagi organisme *euryhaline* seperti moluska estuari. Kondisi ini juga masih berada dalam rentang standar kualitas air untuk biota laut tropis. Tekanan osmotik yang dihasilkan oleh salinitas relatif tinggi dapat menjadi faktor pemicu sintesis senyawa osmoprotektan dan metabolit sekunder adaptif. Setiasih *et al.* (2020) melaporkan bahwa fluktuasi salinitas dapat menyebabkan perubahan gradien ionik sehingga organisme harus mengaktifkan mekanisme adaptasi osmotik

untuk mempertahankan homeostasis. Salinitas tinggi menyebabkan ion-ion eksternal meningkat, memicu difusi ion ke dalam sel dan keluarnya air dari sel yang berpotensi merusak organel maupun membran. Ketika salinitas rendah, air justru masuk berlebihan ke dalam sel sehingga meningkatkan risiko kerusakan struktur seluler. Kondisi tekanan osmotik yang fluktuatif inilah yang menstimulasi moluska mangrove untuk menghasilkan metabolit sekunder sebagai bentuk proteksi fisiologis dan penyesuaian biokimia.

Selain faktor kualitas air, kondisi substrat dan musim saat pengambilan sampel juga berperan penting. Substrat berlumpur di kawasan mangrove mengandung bahan organik yang tinggi, khususnya hasil sedimentasi dari daerah hulu sungai yang terbawa ke wilayah pesisir (Widiyasari *et al.*, 2024). Kandungan bahan organik ini merupakan sumber nutrisi utama bagi proses biosintesis senyawa bioaktif. Faktor musim kemarau pada saat penelitian turut memberi pengaruh karena intensitas cahaya matahari yang tinggi dapat meningkatkan akumulasi radikal bebas pada organisme. Kondisi tersebut, produksi metabolit sekunder berfungsi sebagai mekanisme protektif terhadap stres oksidatif. Kombinasi faktor lingkungan seperti suhu, pH, salinitas, substrat, serta musim inilah yang menciptakan kondisi ekosistem estuari yang dinamis dan kaya nutrisi sehingga mampu memicu akumulasi metabolit sekunder pada jaringan moluska. Parameter lingkungan yang terukur dalam penelitian ini memberikan konteks penting dalam menjelaskan variasi kandungan metabolit sekunder yang ditemukan pada spesies *P. erosa*, *C. obtusa*, dan *C. aurisfelis*. Faktor-faktor ekologis tersebut memperkuat hipotesis bahwa kondisi habitat estuari Semarang berperan sebagai pemicu utama biosintesis senyawa metabolit sekunder dengan potensi farmakologis yang signifikan.

Uji fitokimia menunjukkan bahwa ketiga spesies moluska yang diteliti memiliki profil metabolit sekunder yang berbeda, tetapi saling melengkapi dalam konteks pertahanan kimia dan potensi bioaktivitasnya. Hasil positif untuk alkaloid diperoleh pada semua spesies menggunakan pereaksi Wagner dan Dragendorff, tetapi negatif pada pereaksi Mayer. Pola reaktivitas ini mengindikasikan keberadaan alkaloid dengan struktur tertentu yang tidak bereaksi dengan pereaksi Mayer. Keberadaan alkaloid pada moluska telah dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba, antitumor, hingga sitotoksik yang signifikan. Secara ekologi, alkaloid berfungsi sebagai senyawa pertahanan alami

**Tabel 1.** Kondisi Parameter Kualitas Perairan Lokasi Pengambilan Sampel

Parameter	Hasil Pengukuran
Suhu	28°C
pH	7
Salinitas	31 ppt
Sedimentasi	Berlumpur
Musim	Kemarau
Pasang/Surut	Pasang

**Tabel 2.** Hasil Uji Fitokimia

Jenis Uji	Spesies		
	B1	G1	G2
Alkaloid			
a. Wagner	+	+	+
b. Dragendorff	+	+	+
c. Mayer	-	-	-
Saponin	+	-	+
Steroid	+	-	-
Flavonoid	-	-	-
Fenolik	-	-	-

Keterangan: + (positif), - (negatif)

*Cerithidea obtusa* (G1)*Cassidula aurisfelis* (G2)*Polymesoda erosa* (B1)**Gambar 2.** Hasil Identifikasi Morfologi

yang melindungi organisme dari predator, patogen, maupun kompetitor dalam ekosistem (Azzahra *et al.*, 2024). Alkaloid bersifat racun karena mampu mengganggu dan menghambat aktivitas enzim, khususnya aktif bekerja di sistem saraf. Alkaloid akan berikatan dengan enzim dan berperan sebagai inhibitor sehingga mengganggu peran pentingnya (Basundari *et al.*, 2018). Struktur heterosiklik nitrogen pada alkaloid memberikan stabilitas kimia dan bioaktivitas yang tinggi dalam sistem biologis (Maisarah *et al.*, 2023). Variasi kandungan alkaloid antar spesies dapat disebabkan oleh perbedaan jalur biosintesis dan tekanan seleksi evolusioner yang dihadapi masing-masing spesies dalam ekosistem mangrove. Alkaloid yang teridentifikasi dalam penelitian ini berpotensi sebagai *lead compound* dalam pengembangan agen terapeutik berbasis laut.

Hasil uji saponin menunjukkan bahwa hanya *P. erosa* dan *C. aurisfelis* yang positif, sedangkan *C. obtusa* negatif. Perbedaan ini menggambarkan adanya diversitas metabolik antar spesies moluska dalam menghadapi tekanan lingkungan. Saponin merupakan senyawa glikosida ampifatik dikenal memiliki aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antivirus, antikanker, imunomodulator, bahkan sitolitik (Putri *et al.*, 2023). Kemampuan saponin untuk membentuk kompleks dengan kolesterol membran memungkinkan aktivitas sitolitik dan antimikroba yang efektif. Keberadaan saponin pada moluska dapat berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan melalui kemampuannya menetralkan radikal bebas dan menghambat peroksidasi lipid. Keberadaan saponin hanya pada dua spesies menunjukkan bahwa strategi kimiawi moluska dalam mempertahankan diri terhadap predator dan kondisi stres oksidatif tidak seragam.

Steroid hanya ditemukan pada *P. erosa* sehingga menjadikannya spesies dengan profil metabolit sekunder yang unik. Steroid pada moluska diketahui berfungsi dalam regulasi fisiologis, reproduksi, metabolisme, serta memiliki potensi bioaktivitas potensial, termasuk aktivitas antioksidan (Nola *et al.*, 2021; Fasya *et al.*, 2019). Keberadaan steroid pada *P. erosa* dapat dikaitkan dengan adaptasi fisiologis spesies ini terhadap habitatnya. Steroid juga berperan sebagai prekursor hormon yang mengatur metabolisme dan proses pertumbuhan organisme (Henry dan Norman, 2003).

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa flavonoid, fenolik, dan tanin tidak terdeteksi pada ketiga spesies. Ketidakhadiran flavonoid dan fenolik dalam uji fitokimia kualitatif dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk konsentrasi senyawa yang berada di bawah batas, modifikasi struktur kimia yang mengubah reaktivitas terhadap pereaksi, maupun memang ketiadaan senyawa tersebut yang dapat dideteksi oleh metode konvensional. Meskipun demikian, hasil uji fitokimia mengindikasikan bahwa jalur biosintesis metabolit sekunder pada moluska lebih fokus pada produksi alkaloid dan steroid sebagai senyawa pertahanan utama, berbeda dengan tumbuhan yang umumnya menghasilkan flavonoid dan fenolik dalam jumlah besar.

## KESIMPULAN

Ketiga spesies (*Polymesoda erosa*, *Cerithidea obtusa*, dan *Cassidula aurisfelis*) positif mengandung alkaloid yang terdeteksi melalui pereaksi Wagner dan Dragendorff. *P. erosa* menunjukkan profil metabolit lebih beragam dengan keberadaan alkaloid, saponin, dan steroid. *C.*

*aurisfelis* mengandung alkaloid dan saponin, sedangkan *C. obtusa* hanya mengandung alkaloid. Flavonoid dan fenolik tidak terdeteksi pada semua spesies. Variasi komposisi metabolit sekunder antar spesies mencerminkan perbedaan strategi adaptasi terhadap kondisi lingkungan perairan Mangkang yang memiliki suhu 28°C, pH netral, salinitas 31 ppt, dan substrat berlumpur kaya bahan organik. Kondisi lingkungan ini menstimulasi produksi senyawa bioaktif sebagai respons adaptasi terhadap tekanan osmotik dan stres lingkungan, sehingga moluska lokal berpotensi dikembangkan untuk aplikasi farmasetikal dan nutrasetikal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, W.Y., & Respatie, D.W. 2022. Kajian senyawa metabolit sekunder mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Vegetalika*, 11(2): 122–134. DOI: 10.22146/veg.60886
- Azzahra, Z., Chatri, M., Emilda, D., Anhar, A., & Handayani, D. 2024. Literatur review: Fenol dan alkaloid: Senyawa alami pada tumbuhan yang ampuh menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman. *Prosiding SEMNASBIO* 8, 810–818. DOI: 10.24036/prosemnasbio/vol4/1108
- Basundari, S.A., Tarwotjo, U., & Kusdiyantini, E. 2018. Pengaruh kandungan ekstrak daun zosia (*Evodia suaveolens*) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Bioma*, 20(1): 51–58. DOI: 10.14710/jhp.%v.%i.19-28
- Chairunnisa, S., Wartini, N.M., & Suhendra, L. 2019. Pengaruh suhu dan waktu terhadap karakteristik ekstrak daun bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai sumber saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(4): 551–560. DOI: 10.24843/JRMA.2019.v07.i04.p07
- Cintia, V., Syarif, A.F., & Robin. 2023. Pengaruh suhu terhadap kelangsungan hidup, pertumbuhan dan tingkat konsumsi oksigen ikan seluang (*Brevibora dorsiocellata*) di wadah budidaya pada tahap awal domestikasi. *Journal of Aquatropica Asia*, 8(1): 24–32. DOI: 10.33019/joaa.v8i1.4200
- Fasya, A.G., Purwantoro, B., Ulya, L.H., & Ahmad, M. 2019. Aktivitas antioksidan isolat steroid hasil kromatografi lapis tipis dari fraksi n-heksana *Hydrilla verticillata*. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 8(1): 23–34. DOI: 10.18860/al.v8i1.9936
- Hasanah, N.F., Pringgenies, D., & Wulandari, S.Y. 2012. Karakteristik metabolit sekunder bakteri simbiosis gastropoda *Conus miles* dengan metode GC-MS sebagai antibakteri MDR (multi drug resistant). *Journal of Marine Research*, 1(2): 197–202. DOI: 10.14710/jmr.v1i2.2038
- Henry, H.L., & Norman, A.W. 2003. Encyclopedia of hormones. Academic Press.
- Jamal, A.A., & Yousef, M.A. 2018. Phytochemical analysis of some herbal medicines. *Medbiotech Journal*, 2(2): 82–84. DOI: 10.22034/MBT.2018.76928
- Jauharany, F.F., & Widyastuti, N. 2017. Keseimbangan asam-basa tubuh dan kejadian sindrom metabolik pada remaja obesitas. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 14(1): 36–44. DOI: 10.22146/ijcn.24811
- Karimah. 2017. Peran biosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2): 51–58. DOI: 10.29303/jbt.v17i2.497
- Lumowa, S.V.T., & Bardin, S. 2018. Uji fitokimia kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) bahan alam sebagai pestisida nabati berpotensi menekan serangan hama tanaman umur pendek. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(9): 465–469. DOI: 10.25026/jsk.v1i9.87
- Maharani, E., Safitri, I., & Sofiana, M.S.J. 2024. Karakteristik morfologi dan komposisi ukuran gastropoda Ellobiidae di ekosistem mangrove Desa Sungai Bakau Kecil Kalimantan Barat. *Oceanologia*, 3(3): 94–98. DOI: 10.26418/jose.v3i3.87642
- Maisarah, M., Chatri, M., Advinda, L., & Violita. 2023. Karakteristik dan fungsi senyawa alkaloid sebagai antifungi pada tanaman. *Serambi Biologi*, 8(2): 231–236.
- Mathius, R.S., Lantang, B., & Maturbongs, M.R. 2018. Pengaruh faktor lingkungan terhadap keberadaan gastropoda pada ekosistem mangrove di Dermaga Lantamal Kelurahan Karang Indah Distrik Merauke Kabupaten Merauke. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 1(1): 33–48. DOI: 10.35724/mfmj.v1i1.1440
- Nadaa, M.S., Taufiq, N., & Redjeki, S. 2021. Kondisi makrozoobentos (gastropoda dan bivalvia) pada ekosistem mangrove, Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1): 33–41. DOI: 10.14710/buloma.v10i1.26095

- Nola, F., Putri, G.K., Malik, L.H., & Andriani, N. 2021. Isolasi senyawa metabolit sekunder steroid dan terpenoid dari 5 tanaman. *Syntax Idea*, 3(7): 1612–1619. DOI: 10.46799/syntax-idea.v3i7.1307
- Nurjanah, Izzati, L., & Abdullah, A. 2011. Aktivitas antioksidan dan komponen bioaktif kerang pisau (*Solen spp.*). *Ilmu Kelautan*, 16(3): 119–124. DOI: 10.14710/ik.ijms.16.3.119-124
- Perangin-angin, Y., Purwaningrum, Y., Asbur, Y., Rahayu, M.S., & Nurhayati. 2019. Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman pada cekaman biotik. *Agriland*, 7(1): 39–47. DOI: 10.30743/agr.v7i1.3471
- Putri, M.K.D., Pringgenies, D., & Radjasa, O.K. 2012. Uji fitokimia dan toksisitas ekstrak kasar gastropoda (*Telescopium telescopium*) terhadap larva *Artemia salina*. *Journal of Marine Research*, 1(2): 58–66. DOI: 10.14710/jmr.v1i2.2020
- Putri, P.A., Chatri, M., Advinda, L., & Violita. 2023. Karakteristik saponin senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan. *Serambi Biologi*, 8(2): 251–258.
- Royani, S., Fatwami, E.F., Islamiyati, D., & Yunarti, K.S. 2024. Uji kandungan fitokimia pada daun salam (*Syzygium polyanthum*) di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Bina Cipta Husada*, 20(1): 1–8.
- Rusnaningsih, & Patria, M.P. 2020. Population studies of *Cerithidea obtusa* (Lamarck 1822) in mangrove forest Pangkal Babu, Tanjung Jabung Barat, Jambi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 481: 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/481/1/012035
- Rui, S., Fengrui, G., Yining, Z., Hong, S., Xuwen, Y., Changping, W., & Chunjia, Y. 2025. Biological activity of secondary metabolites of actinomycetes and their potential sources as antineoplastic drugs: A review. *Frontiers in Microbiology*, 16: 1–21. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1550516
- Setiasih, I.B., Sabdono, A., & Pramesti, R. 2020. Pengaruh salinitas terhadap pengaruh dan aktivitas antioksidan *Dunaliella salina* (Chlorophyceae: Dunaliellaceae). *Journal of Marine Research*, 9(2): 181–185. DOI: 10.14710/jmr.v9i2.27028
- Sukmawati, S., Sudewi, & Pontoh, J. 2018. Optimasi dan validasi metode analisis dalam penentuan kandungan total flavonoid pada ekstrak daun gedi hijau (*Abelmoscus manihot* L.) yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS. *Jurnal Pharmacon*, 7(3): 32–41. DOI: 10.35799/ha.7.2018.20117
- Sulistyarini, I., Sati, D.A., & Wicaksono, T.A. 2020. Skrinning fitokimia senyawa metabolit sekunder batang buah naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksata*, 5(1): 56–62.
- Triwahyuono, D.A., & Hidajati, N. 2020. Uji fitokimia ekstrak etanol kulit batang mahoni (*Swietenia mahagoni* Jacq.). *UNESA Journal of Chemistry*, 9(1): 54–57. DOI: 10.26740/ujc.v9n1.p54-57.
- Widiyasari, L.K., Muskananfolo, M.R. & Rahman, A. 2024. Analisis Tekstur Sedimen dan Bahan Organik di Muara Suangai Beringin, Semarang. *Journal of Maquares*, 11(1): 50-54. DOI: 10.14710/marj.v11i1.29320
- Yesika, V., Nurdin, M., Rauf, A., Zainal, S., Bustamin, & Sabran, M. 2025. Akumulasi mikroplastik pada bivalvia di ekosistem mangrove Desa Tanah Mea, Kabupaten Donggala. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2): 882–889. DOI: 10.33394/bioscientist.v13i2.15659