

**UJI TOKSISITAS EKSTRAK LAMUN (*Enhalus acoroides*) DENGAN
PENAMBAHAN CuSO_4 MENGGUNAKAN METODE *BRINE SHRIMP*
LETHALITY TEST (BSLT)**

Skripsi

Oleh

NOVITA AMELIA SARI SIRAIT

2217021091



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

UJI TOKSISITAS EKTRAK LAMUN (*Enhalus acoroides*) DENGAN PENAMBAHAN CuSO_4 MENGGUNAKAN METODE *BRINE SHRIMP LETHALITY TEST* (BSLT)

Oleh

Novita Amelia Sari Sirait

Kanker merupakan penyakit ganas akibat adanya pertumbuhan sel-sel abnormal pada jaringan tubuh yang tidak terkoordinasi dan menjadi salah satu penyebab utama kematian di dunia. Logam berat yang tidak disengaja dikonsumsi masuk ke dalam tubuh manusia melalui permukaan kulit, sebagian melalui saluran pernapasan atau pencernaan dan setelah itu terakumulasi seiring waktu. Salah satu upaya pengembangan alternatif dapat dilakukan melalui pemanfaatan biota laut seperti lamun *Enhalus acoroides*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat toksisitas ekstrak etanol daun lamun *Enhalus acoroides*, menganalisis pengaruh penambahan CuSO_4 , dan menentukan nilai LC_{50} sebagai indikator potensi aktivitas antikanker menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Pada penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktorial dengan 8 perlakuan dan 3 kali pengulangan. Uji toksisitas dilakukan dengan variasi konsentrasi ekstrak (0 ppm, 125 ppm, 250 ppm, dan 500 ppm) dengan dan tanpa penambahan CuSO_4 , dengan konsentrasi CuSO_4 yang digunakan yaitu 62,5 ppm terhadap larva *Artemia salina* berumur 48 jam. Parameter yang diamati adalah kematian 50% hewan uji yaitu *Artemia salina*. Metode penelitian yang digunakan yaitu uji fitokimia, analisis FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*), dan uji BSLT. Berdasarkan hasil uji fitokimia, ekstrak etanol *Enhalus acoroides* mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin, tanin, dan steroid. Uji toksisitas dengan metode BSLT menunjukkan hasil sangat toksik pada kombinasi ekstrak lamun dengan CuSO_4 pada konsentrasi 125 ppm, 250 ppm, dan 500 ppm dengan tingkat mortalitas larva *Artemia salina* sebesar 90%, dan pada kontrol negatif tingkat mortalitas sebesar 10%. Nilai LC_{50} ekstrak daun lamun *Enhalus acoroides* sebesar 1,480 ppm, kombinasi ekstrak lamun dan CuSO_4 sebesar 2,501 ppm, dan CuSO_4 sebesar 11,81 ppm yang menunjukkan bahwa ekstrak tersebut tergolong sangat toksik terhadap larva *Artemia salina* pada metode BSLT.

Kata kunci: antikanker, toksisitas, *Enhalus acoroides*, *Artemia salina*, *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT).

ABSTRACT

TOXICITY TEST OF SEAGRASS (*Enhalus acoroides*) EXTRACT WITH THE ADDITION OF CuSO₄ USING THE *BRINE SHRIMP LETHALITY TEST* (BSLT) METHOD

By

Novita Amelia Sari Sirait

Cancer is a malignant disease caused by the uncoordinated growth of abnormal cells in body tissues and is one of the leading causes of death worldwide. Heavy metals are inadvertently ingested into the human body through the skin, partly through the respiratory or digestive tracts, and subsequently accumulate over time. One approach to developing alternatives involves utilizing marine biota such as the seagrass *Enhalus acoroides*. This study aims to determine the toxicity level of the ethanol extract of *Enhalus acoroides* seagrass leaves, analyze the effect of adding CuSO₄, and determine the LC₅₀ value as an indicator of potential anticancer activity using the *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). A two-factor completely randomized design (CRD) with 8 treatments and 3 replicates was used in this study. Toxicity tests were conducted using varying extract concentrations (0 ppm, 125 ppm, 250 ppm, and 500 ppm) with and without the addition of CuSO₄, at a concentration of 62,5 ppm, on 48-hour-old *Artemia salina* larvae. The parameter observed was the 50% mortality rate of the test subjects, namely *Artemia salina*. The research methods used were phytochemical testing, FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) analysis, and the BSLT test. Based on the results of the phytochemical testing, the ethanol extract of *Enhalus acoroides* contains alkaloids, flavonoids, terpenoids, saponins, tannins, and steroids. Toxicity testing using the BSLT method showed highly toxic results for the combination of seagrass extract and CuSO₄ at concentrations of 125 ppm, 250 ppm, and 500 ppm, with a mortality rate of 90% for *Artemia salina* larvae, compared to a mortality rate of 10% in the negative control. The LC₅₀ values were 1,480 ppm for *Enhalus acoroides* seagrass leaf extract, 2,501 ppm for the combination of seagrass extract and CuSO₄, and 11,81 ppm for CuSO₄ alone, indicating that these extracts are highly toxic to *Artemia salina* larvae in the BSLT.

Keywords: anticancer, toxicity, *Enhalus acoroides*, *Artemia salina*, *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT).

**UJI TOKSISITAS EKSTRAK LAMUN (*Enhalus acoroides*) DENGAN
PENAMBAHAN CuSO_4 MENGGUNAKAN METODE *BRINE SHRIMP*
LETHALITY TEST (BSLT)**

Oleh

NOVITA AMELIA SARI SIRAIT

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Uji Toksisitas Ekstrak Lamun (*Enhalus acoroides*) Dengan Penambahan CuSO_4 Menggunakan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT)**

Nama Mahasiswa : **Novita Amelia Sari Sirait**

NPM : 2217021091

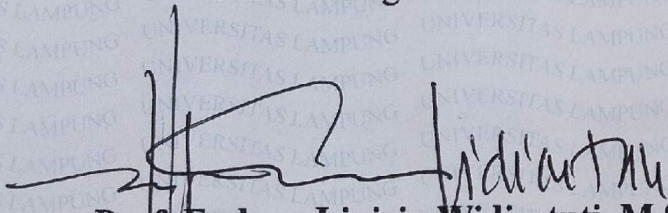
Jurusan/Program Studi : **Biologi / S-1 Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

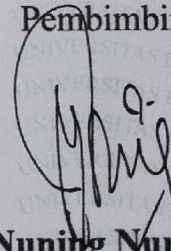
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



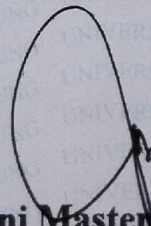
Prof. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196106111986032001

Pembimbing II



Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP. 196603051991032001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

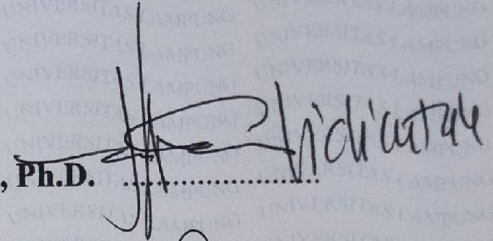


Dr. Jani Master S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

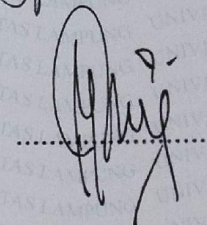
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

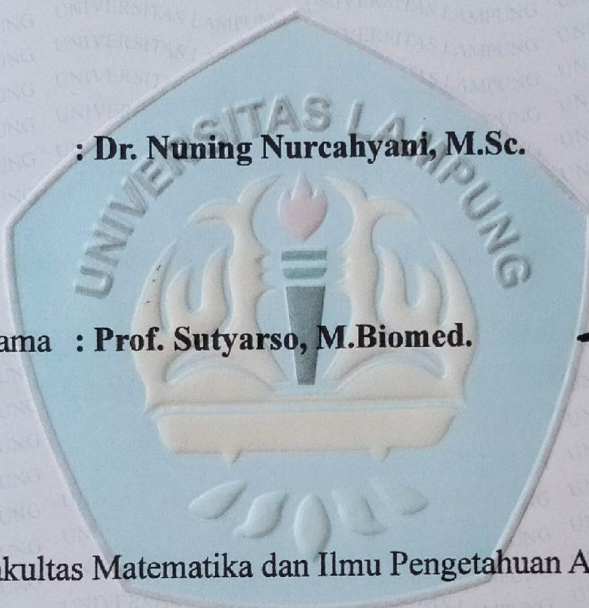
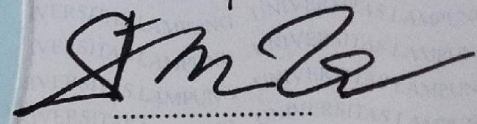
Ketua : Prof. Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.



Anggota : Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.



Penguji Utama : Prof. Sutyarso, M.Biomed.

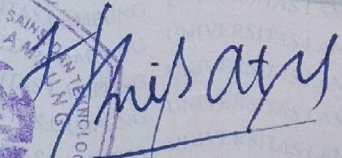


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novita Amelia Sari Sirait
NPM : 2217021091
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul:

UJI TOKSISITAS EKSTRAK LAMUN (*Enhalus acoroides*) DENGAN PENAMBAHAN CuSO_4 MENGGUNAKAN METODE *BRINE SHRIMP* *LETHALITY TEST (BSLT)*

baik gagasan, data, maupun pembahasan adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Skripsi ini tidak berisi material yang telah dipublikasi sebelumnya atau dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026

Yang menyatakan,



Novita Amelia Sari Sirait
2217021091

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Novita Amelia Sari Sirait lahir di Kp.Merah Putih pada tanggal 31 Mei 2003. Penulis merupakan anak ke-empat dari empat bersaudara oleh pasangan Alm. Bapak Bagindo Sirait dan Ibu Osmauli Sitorus. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 173659 Lumban Lobu pada tahun 2009-2015.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Lumbanjulu pada tahun 2015-2018. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah kejuruan di SMK Swasta Farmasi Arjuna Laguboti pada jurusan Farmasi tahun 2018-2021. Selama masa sekolah, penulis pernah mengikuti ekstrakurikuler Pramuka, perwakilan Lomba Keterampilan Siswa (LKS) tingkat Nasional XXVIII (2020), dan OSIS. Penulis melanjutkan pendidikan keperguruan tinggi di Universitas Lampung sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) angkatan 2022. Penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan pada tahun 2022.

Pada bulan Desember 2024 - Februari 2025, penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung dengan judul laporan " Analisis Total Bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* pada Sampel Air Bersih dengan Metode Membran *Filtration* di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung". Kemudian pada bulan Juli – Agustus 2025 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Negeri Olok Gading, Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung.

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa yang oleh karena berkat, kebaikan, anugerah, dan kasih setia-Nya dalam hidup penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik, dengan setulus hati kupersembahkan skripsi ini kepada:

Alm. Bapak dan Ibu tercinta yang telah menjadi rumah tempat penulis pulang, tempat berbagi harapan, dan tempat menemukan kekuatan di setiap kesulitan. Terima kasih atas kasih sayang yang tak terbatas, pengorbanan yang tak terhitung, serta doa-doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis. Tidak ada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar jasa dan cinta yang telah diberikan. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai ungkapan rasa syukur, hormat, dan terima kasih yang mendalam atas segala yang telah Bapak dan Ibu perjuangkan demi masa depan penulis.

Abang dan Kakak ku tersayang Maria Sirait, Simon Sirait, dan Abed Sirait yang selalu hadir memberikan kasih sayang, doa, pengorbanan, dukungan, dan semangat dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis.

Dosen pembimbing serta seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, dan arahan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.

Sahabat dan teman-teman Biologi angkatan 22 yang telah berjuang bersama dari awal menjadi mahasiswa baru sampai saat ini atas kebersamaan, dukungan, dan bantuannya selama masa kuliah.

Almamater tercinta yang menjadi kebanggaan saya dimanapun saya berada,
Universitas Lampung

MOTTO

"Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi dan tidak ada mimpi yang patut diremehkan.
Lambungkanlah setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang
kau harapkan"
(Maudy Ayunda)

"Karena masa depan sungguh ada dan harapanmu tidak akan hilang"
(Amsal 23:18)

"Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam
segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan
syukur"
(Filipi 4:6)

"Direndahkan dimata manusia, ditinggikan dimata Tuhan. *Prove Them Wrong.*
Diberkatilah orang yang mengandalkan Tuhan, yang menaruh harapannya pada
Tuhan"
(Yeremia 17:7)

"Menjadi pintar memang keren, tetapi menjadi bijaksana lebih penting. Orang
pintar belum tentu bijaksana, tetapi orang bijaksana sudah pasti pintar"

"Jadilah seperti pohon kayu yang lebat buahnya. Tumbuh di tepi jalan, dilempar
buahnya dengan batu tetapi tetap dibalas dengan buah

SANWACANA

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih karunia, berkat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Uji Toksisitas Ekstrak Lamun (*Enhalus acoroides*) dengan Penambahan CuSO₄ Menggunakan Metode *Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)***” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2026.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, dukungan, motivasi dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan masukan.
5. Ibu Prof. Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta masukan yang sangat berharga kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku pembimbing kedua yang penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.

7. Bapak Prof. Sutyarso, M.Biomed. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan, saran, kritik, motivasi, dan arahan yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Kedua orangtua ku tersayang, Alm. Bapak Bagindo Sirait dan Ibu Osmauli Sitorus yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, inspirasi, kasih sayang, doa, serta dukungan yang tiada henti bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
9. Seluruh dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, motivasi, dan wawasan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
10. Seluruh civitas akademik FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
11. Abang dan Kakak ku tersayang, Maria Sirait, Simon Sirait, dan Abed Sirait yang selalu memberikan semangat, doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
12. Keluarga besar penulis yang telah memberikan banyak doa, dukungan, dan semangat sampai proses penyelesaian pendidikan.
13. Sahabatku Elsa Siburian, Rapma Panjaitan, Nova Simangunsong, dan Indira Sitorus yang selalu setia menemani, memberikan semangat, dan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
14. Teman-teman seperjuangan penulis, Risma, Lia Fera, Marleni, Hanie, Ferdinie, dan Rikansa. Terimakasih atas waktu, perhatian, dan semangat yang telah diberikan. Semoga setiap impian kita senantiasa diberkati dan dimudahkan oleh Tuhan.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026

Novita Amelia Sari Sirait
2217021091

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
MOTTO	ix
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat.....	4
1.4 Kerangka Pikir.....	5
1.5 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Daun Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>).....	7
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Daun Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>).....	7
2.2 Senyawa Metabolit Sekunder Daun Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>).....	9
2.3 Logam Berat Tembaga (CuSO ₄)	10
2.4 Kanker	11
2.5 Uji Toksisitas BSLT (<i>Brine Shrimp Lethality Test</i>)	12
2.6 <i>Artemia salina</i>	14
2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Artemia salina</i>	14
2.6.2 Siklus Hidup <i>Artemia salina</i>	16

2.6.3	<i>Artemia salina</i> sebagai Hewan Uji	18
III.	METODE KERJA	19
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan	19
3.3	Rancangan Penelitian	20
3.4	Diagram Alir	22
3.5	Prosedur Penelitian	23
3.5.1	Pembuatan Ekstrak Etanol Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>)	23
3.5.2	Uji Fitokimia	23
3.5.3	Identifikasi Senyawa Menggunakan Metode FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	24
3.5.4	Penetasan Telur <i>Artemia salina</i>	25
3.5.5	Penyiapan Larutan Stok.....	25
3.5.6	Uji Toksisitas dengan Metode BSLT	26
3.6	Analisis Data.....	27
3.6.1	Uji Fitokimia	27
3.6.2	Identifikasi Senyawa Hasil FTIR	27
3.6.3	Uji Toksisitas dengan Metode BSLT	27
3.6.4	Analisis Tiap Perlakuan	28
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Hasil.....	29
4.1.1	Hasil Uji Fitokimia	29
4.1.2	Hasil Analisis FTIR	29
4.1.3	Hasil Uji Toksisitas Metode BSLT	31
4.2	Pembahasan	33
4.2.1	Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Lamun <i>Enhalus acoroides</i>	33
4.2.2	Uji Toksisitas Metode <i>Brine Shrimp Lethality Test</i> (BSLT).....	35
4.2.3	Pengaruh Logam CuSO ₄ terhadap Larva <i>Artemia salina</i>	37
4.2.4	Analisis <i>Lethal Concentration</i> (LC ₅₀) terhadap Larva <i>Artemia salina</i>	38
4.2.5	Identifikasi Senyawa dengan FTIR	40
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1	Simpulan.....	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA.....	46
	LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Konsentrasi Perlakuan	21
2. Prosedur Uji Fitokimia	24
3. Konsentrasi Perlakuan	26
4. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Lamun <i>Enhalus acoroides</i>	29
5. Mortalitas Larva <i>Artemia salina</i> Setelah Pemberian Ekstrak Lamun <i>Enhalus acoroides</i> dengan Penambahan CuSO ₄	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>)	9
2. Morfologi <i>Artemia salina</i>	15
3. Siklus Hidup <i>Artemia salina</i>	17
4. Diagram Alir Penelitian	22
5. Spektra FTIR <i>Enhalus acoroides</i>	30
6. Mortalitas Larva <i>Artemia salina</i> Setelah Pemberian Ekstrak Lamun <i>Enhalus acoroides</i> dengan Penambahan CuSO ₄	31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker termasuk ke dalam salah satu dari berbagai masalah utama yang terjadi pada masyarakat Indonesia dan juga dunia. Kanker adalah penyakit akibat pertumbuhan tidak normal dari sel-sel pada jaringan tubuh yang mengalami mutase dan perubahan struktur biokimia. Kanker terjadi karena adanya kerusakan atau mutase protoonkogen yang dikode untuk protein yang terlibat dalam induksi proliferasi dan diferensiasi sel, kemudian tumor supresor gen yang dikode untuk protein yang menghasilkan sinyal penghambatan pertumbuhan sel dan merangsang apoptosis (Fitriyanti dkk., 2024).

Menurut *World Health Organization* (WHO) tahun 2013, kasus pasien kanker meningkat dari 12,7 juta kasus menjadi 14,2 juta kasus. Hal ini menyebabkan penyakit kanker menjadi penyebab kematian yang paling banyak di dunia. Kanker merupakan suatu penyakit yang ditandai dengan pertumbuhan tidak normal dari sel-sel jaringan tubuh yang mengalami mutase kemudian tumbuh dan membelah lebih cepat (Kementerian Kesehatan RI Pusat Data dan Informasi Kesehatan, 2016). Pada zaman sekarang ini, telah banyak pengobatan yang dilakukan untuk pasien penderita kanker. Selain pemakaian radioaktif dan pembedahan, juga bisa dilakukan metode kemoterapi (Hidayah dkk., 2023).

Prevalensi kanker di Indonesia tertinggi untuk pria adalah kanker paru yakni sebesar 19,4 per 100.000 penduduk dengan rata-rata kematian 10,9 per 100.000 penduduk dan untuk wanita adalah kanker payudara yakni sebesar

42,1 per 100.000 penduduk dengan rata-rata kematian 17 per 100.000 penduduk. Berdasarkan data Riskesdas, prevalensi kanker di Indonesia menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2013 sebesar 1,4 per 100 penduduk menjadi 1,79 per 1000 penduduk di tahun 2018. Data yang dimaksud adalah semua jenis kanker yang didiagnosis oleh dokter (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

Lamun merupakan spesies tumbuhan yang toleran terhadap logam dan memiliki mekanisme pertahanan yang berkaitan dengan antioksidan sel dan enzim antioksidan. Proses fisiologis ini vital untuk mencegah kerusakan yang diakibatkan oleh bentuk-bentuk oksigen reaktif karena stress yang disebabkan oleh kandungan logam. Cekaman polutan seperti logam berat menyebabkan terhambatnya laju pertumbuhan organisme perairan termasuk lamun. Senyawa CuSO_4 diketahui dapat meningkatkan produksi radikal bebas dan stress oksidatif pada sel, sehingga penggunaannya dalam penelitian toksisitas dapat membantu melihat interaksi antara senyawa bioaktif alami dengan agen penginduksi toksik. Penambahan CuSO_4 dalam pengujian toksisitas ekstrak lamun dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan senyawa aktif di dalam lamun untuk menetralkan atau menghambat efek toksik tersebut (Natsir, 2022).

Dalam air, logam berat dapat menjadi sangat berbahaya apabila air tersebut dikonsumsi secara langsung maka logam berat akan terakumulasi dalam tubuh dan dapat menyebabkan keracunan. Beberapa diantaranya yang termasuk ke dalam logam berat adalah krom, kadmium, tembaga, timbal, dan besi. Logam Cu dapat menyebabkan keracunan dan kerusakan sel pada ekosistem dalam air seperti ikan-ikan. Pada manusia, konsentrasi yang berlebih dari logam Cu dapat menyebabkan diare, muntah, dan *Wilson disease* (Suprayogi dkk., 2021).

Lamun tumbuh di daerah pesisir terutama laut dangkal dengan substrat pasir, pasir berlumpur, dan pecahan karang. Salah satu jenis lamun yang keberadaannya melimpah dan memiliki kandungan antioksidan adalah *Enhalus acoroides*. Namun pemanfaatan lamun belum banyak dilakukan di Indonesia (Badriyah dkk., 2023). Lamun mampu menghasilkan metabolit sekunder. Kandungan senyawa bioaktif yang umumnya terdapat pada lamun (*Enhalus acoroides*) adalah tanin, alkaloid, flavonoid, triterpenoid, saponin, dan steroid. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam lamun (*Enhalus acoroides*) berpotensi besar dikembangkan sebagai antibakteri, antioksidan, dan antikanker (Mardiyanti dkk., 2024).

Uji toksisitas adalah suatu uji untuk mendeteksi efek toksik suatu zat pada sistem biologi dan untuk memperoleh data dosis-respon yang khas dari sediaan uji. Uji toksisitas dapat terbagi menjadi toksisitas akut dan kronis. Perbedaan keduanya terletak pada lama waktu efek toksik dari logam berat atau zat berbahaya yang diberikan. Pada toksisitas akut, jangka waktu yang diberikan sebagai efek toksik adalah jangka waktu panjang. Sementara toksisitas kronis, efek dari zat berbahaya dengan jangka waktu yang pendek. Selain itu, efek yang mempengaruhi toksiknya suatu zat adalah frekuensi paparan, lama waktu paparan, jenis polutan, konsentrasi polutan, kondisi selama pengujian, dan jenis hewan uji yang digunakan (Suprayogi dkk., 2021).

Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) sebagai salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai toksisitas dari suatu bahan atau senyawa yang berasal dari alam. Hasil dari uji toksisitas yang dilakukan dengan metode BSLT ditentukan berdasarkan *Lethal Concentration* (LC_{50}) dari jumlah *Artemia salina* yang mati akibat pengaruh pemberian ekstrak bahan alam (Kurniawan dan Ropiqa, 2021). Metode ini juga banyak digunakan karena tergolong mudah dilakukan, sederhana, biaya yang relatif murah dibandingkan dengan uji toksisitas metode lain, cepat, dan juga dapat dipercaya (Kawung dkk., 2022). Penggunaan larva udang *Artemia salina* untuk uji BSLT ini ialah sifatnya yang peka terhadap bahan uji, waktu siklus

hidup yang lebih cepat, dan mudah dibiakkan. Sifat peka *Artemia salina* kemungkinan disebabkan oleh keadaan membrane kulitnya yang sangat tipis sehingga memungkinkan terjadinya difusi zat dan lingkungan yang mempengaruhi metabolisme dalam tubuhnya (Nuralifah dkk., 2021).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat toksisitas pada daun lamun (*Enhalus acoroides*) dengan menggunakan pelarut etanol 96% sehingga pada penelitian ini akan dilakukan uji toksisitas ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) terhadap *Artemia salina* dengan penambahan CuSO₄ menggunakan metode BSLT.

1.2 Tujuan

1. Mengetahui tingkat toksisitas ekstrak lamun (*Enhalus acoroides*) terhadap larva *Artemia salina* pada metode BSLT.
2. Menganalisis pengaruh penambahan CuSO₄ pada ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) terhadap toksisitas larva *Artemia salina*.
3. Menentukan nilai LC₅₀ (*Lethal Concentration 50%*) sebagai indikator potensi aktivitas antikanker dari ekstrak daun lamun (*Enhalus acoroides*).

1.3 Manfaat

1. Untuk memberikan informasi tentang tingkat toksisitas ekstrak lamun (*Enhalus acoroides*) terhadap larva *Artemia salina* menggunakan metode BSLT.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan CuSO₄ pada ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) terhadap toksisitas larva *Artemia salina*.
3. Untuk menentukan nilai LC₅₀ sebagai indikator potensi aktivitas antikanker dari ekstrak daun lamun (*Enhalus acoroides*).

1.4 Kerangka Pikir

Daun lamun memiliki senyawa bioaktif seperti tanin, flavonoid, triterpenoid, steroid, dan alkaloid yang berpotensi memiliki aktivitas toksisitas dan antikanker. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam lamun *Enhalus acoroides* berpotensi besar dikembangkan sebagai antibakteri, antikanker, dan antioksidan. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam daun lamun (*Enhalus acoroides*) memiliki peran terhadap sel kanker sehingga berpotensi sebagai agen anti kanker. Peran flavonoid sebagai senyawa anti kanker, yaitu bersifat antioksidan yang dapat menekan laju pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan menghambat proliferasi sel kanker. Selain itu, senyawa alkaloid dapat memicu terjadinya apoptosis sel kanker. Lalu, senyawa tanin dapat mengaktivasi apoptosis sel secara intrinsik dan ekstrinsik.

Untuk mendeteksi potensi tersebut, digunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) sebagai uji skrining sederhana yang mampu memberikan gambaran toksisitas suatu ekstrak terhadap organisme uji *Artemia salina*. Tingkat toksisitas pada suatu senyawa dihitung berdasarkan persentase larva *Artemia salina* yang mati berdasarkan *lethal concentration* 50% (LC₅₀). Suatu senyawa dikategorikan menjadi golongan sangat toksik (LC₅₀ < 30 ppm), toksik (LC₅₀ < 1000 ppm), dan tidak toksik (LC₅₀ > 1000 ppm). Jika nilai LC₅₀ < 1000 ppm maka senyawa tersebut berpotensi sebagai agen anti kanker. *Artemia salina* diketahui memiliki kesamaan genetik dengan sel kanker yang dapat merespon terhadap kondisi stres, yaitu *Heat Shock Proteins 70* (Hsp 70). Respon yang diberikan oleh larva *Artemia salina* terhadap senyawa metabolit sekunder sama dengan mekanisme penghambatan proliferasi dan pertumbuhan keganasan sel kanker dengan cara penghambatan transduksi sinyal pada inti sel melalui inhibisi protein kinase.

Namun, aktivitas biologis suatu ekstrak tidak hanya bergantung pada kandungan senyawa aktifnya, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan logam berat. CuSO₄ (tembaga sulfat) dipilih dalam penelitian ini karena CuSO₄ adalah logam transisi yang umum ditemukan di perairan pesisir

akibat aktivitas antropogenik, serta memiliki kemampuan sekunder sehingga berpotensi mengubah tingkat toksisitas ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*). CuSO_4 juga memiliki kemampuan menghasilkan *reactive oxygen species* (ROS) melalui mekanisme reaksi redoks. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji toksisitas *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) untuk mengetahui nilai LC_{50} dari senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada daun lamun (*Enhalus acoroides*) dengan penambahan CuSO_4 menggunakan metode BSLT.

1.5 Hipotesis

1. Ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) toksik terhadap larva *Artemia salina* yang ditunjukkan oleh meningkatnya mortalitas larva seiring peningkatan konsentrasi ekstrak pada uji BSLT.
2. Penambahan CuSO_4 pada ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) toksik terhadap larva *Artemia salina*.
3. Nilai LC_{50} ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) berada dibawah 1000 ppm sehingga berpotensi sebagai agen antikanker.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun Lamun (*Enhalus acoroides*)

2.1.1. Klasifikasi dan Morfologi Daun Lamun (*Enhalus acoroides*)

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Trachophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Alismatales
Suku	: Hydrocharitaceae
Marga	: <i>Enhalus</i>
Spesies	: <i>Enhalus acoroides</i> (Rawung dkk., 2018).

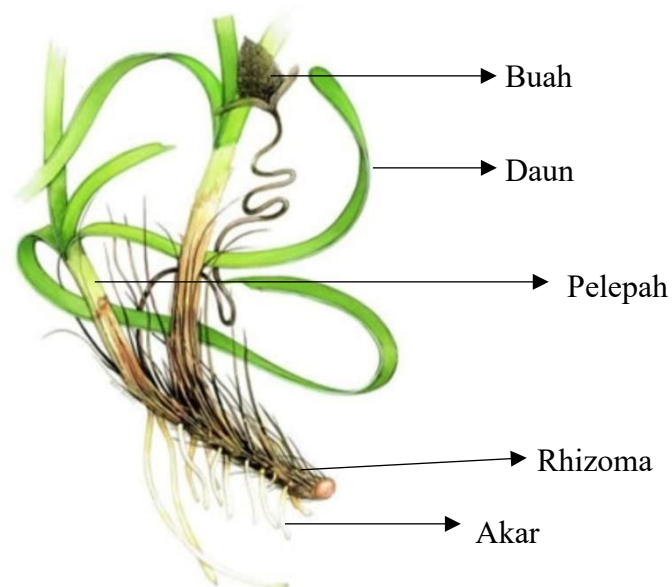
Reaksi radikal bebas yang berlebihan di dalam tubuh merupakan penyebab penyakit degenerative misalnya jantung, stroke, dan kanker. Tubuh memerlukan suatu senyawa untuk menangkal pengaruh radikal bebas ini. Senyawa yang mampu menyelamatkan sel-sel di dalam tubuh manusia dari bahaya radikal bebas adalah senyawa antioksidan. Antioksidan dapat diperoleh dari sumber alami maupun sintetik. Banyak sumber antioksidan alami yang diperoleh dari laut contohnya rumput laut, spons, dan mikroalga. Salah satu sumberdaya laut lain yang masih belum banyak dimanfaatkan di Indonesia adalah lamun. Lamun adalah tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan laut dangkal (Mardiyana dkk., 2014). Kondisi penyebaran dan kelimpahan lamun sangat erat kaitannya dengan faktor lingkungan setempat. Parameter lingkungan seperti salinitas, suhu perairan, pasang surut, intensitas cahaya hingga

tekstur substrat dasar perairan menentukan keberlangsungan pertumbuhan lamun (Betan dkk., 2025).

Lamun merupakan satu-satunya tumbuhan berbiji (Angiospermae) yang mampu beradaptasi pada lingkungan dengan salinitas tinggi yang hidup terendam di dalam air laut serta memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati. Rhizoma adalah batang yang terbenam dan merayap secara mendatar, serta berbuku-buku. Pada buku-buku tersebut tumbuh batang pendek yang tegak ke atas, berdaun dan berbunga, serta tumbuh akar. Rhizoma dan akar inilah yang menahan hempasan ombak dan arus. Fungsi dan peranan lamun bergantung pada jumlah helaian daun, panjang daun, lebar daun, serta biomassa total, yang dimana semua hal itu sangat ditentukan kondisi setempat. Hal ini merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diketahui dalam usaha pengelolaan lamun disuatu daerah. Pada umumnya, lamun dapat tumbuh subur pada daerah pasang surut terbuka dan perairan pantai yang memiliki dasar perairan lumpur berpasir, kerikil, dan patahan karang mati. Lamun memiliki rambut-rambut berwarna hitam yang tumbuh pada rhizome dan memiliki akar yang banyak. Ujung daun lamun terdapat gerigi (Rawung dkk., 2018).

Daun merupakan salah satu bagian tubuh lamun yang berada pada bagian atas dari tubuh lamun. Pertumbuhan daun lamun ditandai dengan bertambah panjangnya ukuran daun. Pertumbuhan daun lamun tentunya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya. Daun pada lamun memiliki perbedaan yang mendasar dengan daun tumbuhan darat pada umumnya, yang terdapat pada kemampuan daun dalam menyerap nutrient yang berasal dari lingkungan. Selain itu, lamun merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu mengakumulasi logam berat pada jaringan tanam dan bagian yang dapat dipanen berada diatas tanah pada kisaran 0,1-1% dari berat keringnya. Pada kondisi perairan sehat dan stabil, lamun secara morfologi menunjukkan daun yang berwarna hijau, akar kuat dan

rhizome yang kokoh. Hal ini ditunjukkan dengan populasi yang besar di perairan tersebut (Natsir, 2022). Bagian-bagian yang terdapat pada lamun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi Lamun (*Enhalus acoroides*) (Rawung dkk., 2018)

2.2 Senyawa Metabolit Sekunder Daun Lamun (*Enhalus acoroides*)

Senyawa metabolit sekunder merupakan senyawa bioaktif yang berpotensi memiliki berbagai aktivitas seperti antioksidan, antikanker, antilarvasida, antidiabetik, dan lain-lain. Metabolit sekunder merupakan senyawa khusus yang tidak esensial untuk pertumbuhan dasar tumbuhan, melainkan berfungsi sebagai pertahanan diri dan interaksi ekologis terhadap lingkungan. Metabolit sekunder berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tumbuhan, baik dari cekaman biotik maupun abiotik. Selain sebagai mekanisme pertahanan, senyawa ini juga berfungsi sebagai atraktan. Senyawa metabolit sekunder tertentu dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai antioksidan atau bahan baku obat (Nurlita dkk., 2024).

Lamun *Enhalus acoroides* memiliki kandungan senyawa aktif sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai kandidat obat, diantaranya adalah flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, triterpenoid, dan steroid. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam lamun *Enhalus acoroides* berpotensi besar

dikembangkan sebagai antibakteri, antikanker, dan antioksidan. Senyawa bioaktif lamun *Enhalus acoroides* dapat berfungsi juga untuk menghentikan dan memperlambat pergerakan atau aktivitas yang terjadi pada jenis bakteri *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio barveyii* (Illahi dkk., 2021).

Salah satu golongan metabolit sekunder yang dapat memberikan aktivitas toksisitas adalah flavonoid yang terdeteksi pada ekstrak etanol. Flavonoid bersifat toksik pada saluran pencernaan dan dapat bertindak sebagai racun perut. Apabila flavonoid masuk ke dalam tubuh larva, maka akan mengganggu sistem pencernaan larva melalui mekanisme penghambatan reseptor perasa pada daerah mulut larva. Hal ini mengakibatkan larva gagal mendapatkan stimulus rasa sehingga larva tidak mampu mengenali makanan dan kehilangan nutrisi untuk tubuhnya (Windyaswari dkk., 2015).

2.3. Logam Berat Tembaga (CuSO₄)

Logam berat merupakan salah satu kandungan limbah yang bersumber dari beberapa industri yang keberadaannya sangat membahayakan bagi lingkungan dan organisme. Kadar logam berat yang tinggi dan telah melampaui baku mutu pada perairan akan menimbulkan dampak buruk hingga mengakibatkan kematian bagi biota perairan, begitu pula dengan kadar logam berat rendah yang diakumulasi oleh makhluk hidup juga dapat menyebabkan kematian pada makhluk hidup tersebut. Logam berat tembaga adalah jenis logam yang dihasilkan oleh beberapa kegiatan industri seperti pabrik, pertanian, dan domestik rumah tangga. Toksisitas yang ditimbulkan tergantung dari jenis logam berat yang terakumulasi. Dampak yang ditimbulkan akibat logam berat CuSO₄ pada manusia diantaranya kepala pusing, mual, perut menjadi kram, hingga menimbulkan dampak yang serius yakni rusaknya organ seperti liver dan ginjal mengalami gangguan (Musruroh dan Purnomo, 2024).

Ion CuSO₄ dikenal sebagai logam transisi yang bersifat toksik bagi organisme akuatik dan mampu berinteraksi dengan berbagai senyawa

bioaktif. Tembaga memiliki sifat kimia yang memungkinkan pembentukan kompleks dengan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam lamun seperti flavonoid, fenolat, dan alkaloid. Selain itu, CuSO_4 memiliki kemampuan menghasilkan *reactive oxygen species* (ROS) melalui mekanisme reaksi redoks. Pembentukan ROS ini dapat menginduksi kerusakan sel berupa peroksidasi lipid, fragmentasi DNA, hingga gangguan fungsi protein (Fathoni dkk., 2023).

2.4 Kanker

Kanker merupakan penyakit ganas yang menyerang jaringan tubuh dimana terdapat sel-sel abnormal yang tumbuh secara berlebihan dan tidak terkoordinasi. Maka dari itu, kanker menjadi salah satu masalah kesehatan dengan dampak kematian terbanyak di dunia. Data Globocan menerangkan bahwa terdapat 18,1 juta kasus baru dengan angka kematian 9,6 juta di tahun 2018, dimana 1 dari 5 pria dan 1 dari 6 wanita di dunia mengidap kanker (Kementerian Kesehatan RI, 2019).

Tahap pertama perkembangan kanker adalah inisiasi, dimana sel normal mengalami perubahan genetik atau mutasi pada DNA-nya. Inisiasi tumor sebagai hasil dari perubahan genetik yang mengarah pada pembelahan sel menjadi abnormal dan terjadi pertumbuhan populasi sel tumor. Selanjutnya, terjadi perkembangan tumor yang mengalami mutasi sehingga sel tumbuh sangat cepat dan mendominasi. Proses ini disebut dengan seleksi klonal. Seleksi klonal terus berlanjut selama perkembangan tumor sehingga tumor semakin bertumbuh dengan cepat dan menjadi ganas (Cooper, 2000). Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menangkal atau meredam dampak negatif radikal bebas yang dapat menyebabkan beberapa penyakit, salah satunya kanker. Salah satu pemicu terjadinya kanker yaitu stress oksidatif. Stress oksidatif merupakan kondisi ketidakseimbangan produksi radikal bebas seperti *reactive oxygen species* (ROS) ataupun *reactive nitrogen species* (RNS) yang bersumber dari reaksi endogen maupun eksogen dengan antioksidan dalam tubuh. *Reactive species* tersebut

mengakibatkan rusaknya sel, sehingga diperlukan antioksidan tambahan dari makanan atau lainnya (Hidayah dkk., 2023).

Permasalahan utama pada kanker adalah kemampuan sel-sel nya untuk menggunakan sifat epigenetik dalam pertumbuhan dan penyebaran sel abnormal yang berkelanjutan sehingga proliferasi sel tidak terkontrol. Pencegahan terhadap proliferasi seluler dan induksi apoptosis merupakan mekanisme yang dimiliki oleh metabolit aktif dalam sayuran cruciferous. Keberadaannya sekarang ini pun dinilai sangat menjanjikan untuk meningkatkan remediasi kanker. Begitu pula dengan konsumsi indol dan isotiosianat menunjukkan keberhasilan kemoterapi berbasis hormon dan nonhormon (Agustin, 2020).

2.5 Uji Toksisitas BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*)

Senyawa bioaktif yang diduga memiliki aktivitas anti kanker terlebih dahulu dilakukan pengujian aktivitas dengan cara uji toksisitas. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan data kemampuan aktivitas membunuh sel pada dosis kecil sehingga diperoleh data lethal konsentrasi atau lethal dosis. Pengujian toksisitas merupakan suatu metode awal dalam mengevaluasi khasiat dari senyawa uji. Pengujian toksisitas merupakan uji untuk mengetahui pada konsentrasi berapa suatu senyawa atau zat dapat menyebabkan keracunan atau kematian sehingga diketahui jumlah penggunaan konsentrasi yang baik. Tingkat konsentrasi yang dapat menyebabkan keracunan atau kematian ditentukan dengan lethal konsentrasi 50 (LC_{50}). Berdasarkan data toksisitas akan diketahui apakah suatu senyawa memiliki efek farmakologis seperti antitumor dan kanker. Umumnya data uji toksisitas dinyatakan dalam LC_{50} . Bila nilai konsentrasi LC_{50} kecil, artinya dalam konsentrasi minimum sudah dapat membunuh 50% hewan uji maka senyawa aktif tersebut dapat dikatakan berpotensi atau berkhasiat sebagai antikanker. Meskipun uji toksisitas ini belum spesifik untuk antikanker,

namun hasil uji senyawa antikanker menunjukkan korelasi terhadap kematian larva *Artemia salina* (Kawung dkk., 2022).

Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) merupakan metode awal yang sering dipakai untuk mengamati toksisitas senyawa. Metode BSLT mudah dikerjakan, mura, cepat, dan cukup akurat. Penggunaan BSLT sebagai *bioassay* pertama kali dilaporkan oleh Tarpley untuk menentukan beberapa residu insektisida, menentukan senyawa anestetik, serta menentukan tingkat toksisitas air laut (Windyaswari dkk., 2015). Selanjutnya, Meyer dkk. (1982) menggunakan BSLT dalam penapisan senyawa-senyawa aktif yang terdapat dalam ekstrak tanaman yang ditunjukkan sebagai toksisitas terhadap larva *Artemia salina*. Menurut Janakiraman and Johnson (2016) metode BSLT juga dapat menguji aktivitas anti kanker dan anti tumor. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Witriani dkk. (2014) menggunakan ekstrak *Selaginella willdenowii* dengan metode BSLT, diperoleh nilai mortalitas tertinggi sebesar 26,78% pada larva *Artemia* berusia 12 dan 24 jam.

Setelah 24 jam dari pemberian ekstrak tumbuhan, persentase larva *Artemia* yang mati dihitung untuk mengetahui LC_{50} . LC_{50} adalah konsentrasi dari suatu senyawa kimia di udara atau dalam air yang dapat menyebabkan 50% kematian pada suatu populasi hewan uji atau makhluk hidup tertentu. Keuntungan dari digunakannya metode BSLT adalah sederhana, biaya yang dibutuhkan relatif murah, cepat, tidak membutuhkan peralatan atau perlakuan khusus, hanya membutuhkan bahan uji yang sedikit. Tingkat toksisitas pada suatu senyawa dikategorikan menjadi golongan sangat toksik ($LC_{50} < 30$ ppm), toksik ($LC_{50} < 1000$ ppm), dan tidak toksik ($LC_{50} > 1000$ ppm). Jika nilai $LC_{50} < 1000$ ppm maka senyawa tersebut berpotensi sebagai agen anti kanker (Setianingsih dkk, 2023).

2.6 *Artemia salina*

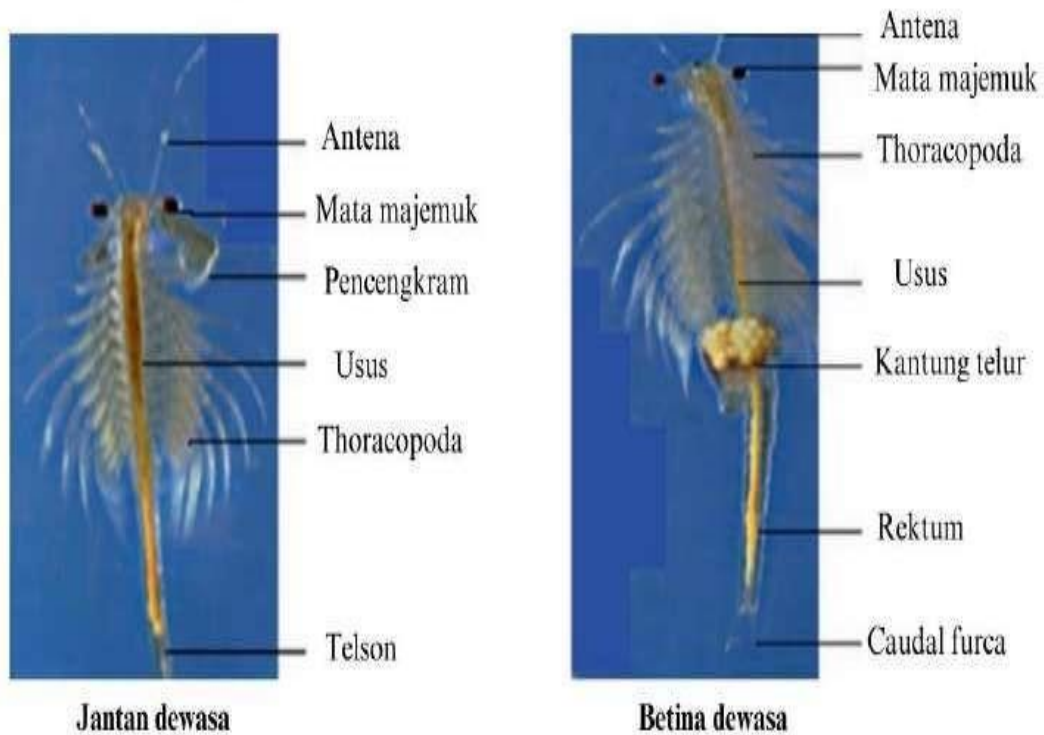
2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi *Artemia salina*

Kerajaan : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Branchiopoda
Bangsa : Anostraca
Suku : Artemiidae
Marga : *Artemia*
Spesies : *Artemia salina* (Martin and Davis, 2001).

Artemia salina merupakan biota laut yang termasuk kelompok udang-udangan tingkat rendah. *Artemia salina* juga merupakan salah satu pakan alami bagi larva udang dan ikan yang banyak digunakan di panti-panti benih udang dan ikan baik air laut maupun air tawar. *Artemia salina* banyak mengandung nutrisi terutama protein dan asam-asam amino (Tombinawa dkk., 2016). Terdapat 3 segmen pada tubuh *Artemia salina*, yaitu kepala, dada (*thorax*), dan abdomen (Constantin and Mioara, 2011). Bagian-bagian tubuh *Artemia salina* meliputi dua buah mata majemuk, antena, thoracopoda, usus, rektum, telson, dan caudal furca yang dapat dilihat pada Gambar 2. Selain itu, *Artemia* juga memiliki satu mata sederhana yang dapat merasakan cahaya. *Artemia* jantan memiliki dua buah organ reproduktif berupa antena yang besar yang disebut dengan *graspers*. Sedangkan, *Artemia* betina memiliki antena kecil dan rahim yang besar (Veeramani dkk., 2019).

Perbedaan antara *Artemia* jantan dan betina dapat dilihat dari jarak maksimum antara mata, panjang antena pertama, lebar segmen ketiga pada bagian abdomen, panjang tubuh keseluruhan, diameter mata, dan panjang abdomen. Ukuran tubuh *Artemia* jantan dewasa sekitar 8-10 mm, sedangkan betina dewasa dapat mencapai 10-12 mm. Warna tubuh *Artemia* dewasa tergantung pada konsentrasi

garam dan darahnya mengandung hemoglobin. Pada *Artemia* betina, dapat menampung sekitar 200 telur pada kantung telurnya. *Artemia* dapat bersifat ovovivipar ketika kondisi lingkungan menguntungkan dan dapat bersifat ovipar ketika kondisi lingkungan kurang menguntungkan (Constantin *and* Mioara, 2011).



Gambar 2. Morfologi *Artemia salina* (Veeramani dkk., 2019)

Naupili dari *Artemia salina* memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi daripada *Artemia* dewasa terhadap senyawa toksik (Banti *and* Hadjikakou, 2021). *Artemia salina* yang berusia 48 jam sudah memiliki mulut dan sistem pencernaan untuk menyerap partikel tertentu. Sedangkan, *Artemia salina* yang masih berusia 24 jam atau pada tahap instar kedua tidak dapat menyerap partikel-partikel karena belum memiliki sistem pencernaan. Sistem pencernaan *Artemia salina* tersusun dari filter nonselektif sehingga memudahkan senyawa toksik masuk ke dalam tubuhnya (Aksono dkk, 2022). Pada umumnya, *Artemia salina* memakan mikroalga

melalui proses filtrasi dan juga ragi untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya (Albano dkk, 2021). Jika kondisi lingkungan menguntungkan, *Artemia salina* betina dapat menghasilkan 10-100 naupili atau kista (*cysts*) (Amarouayache and Belakri, 2015).

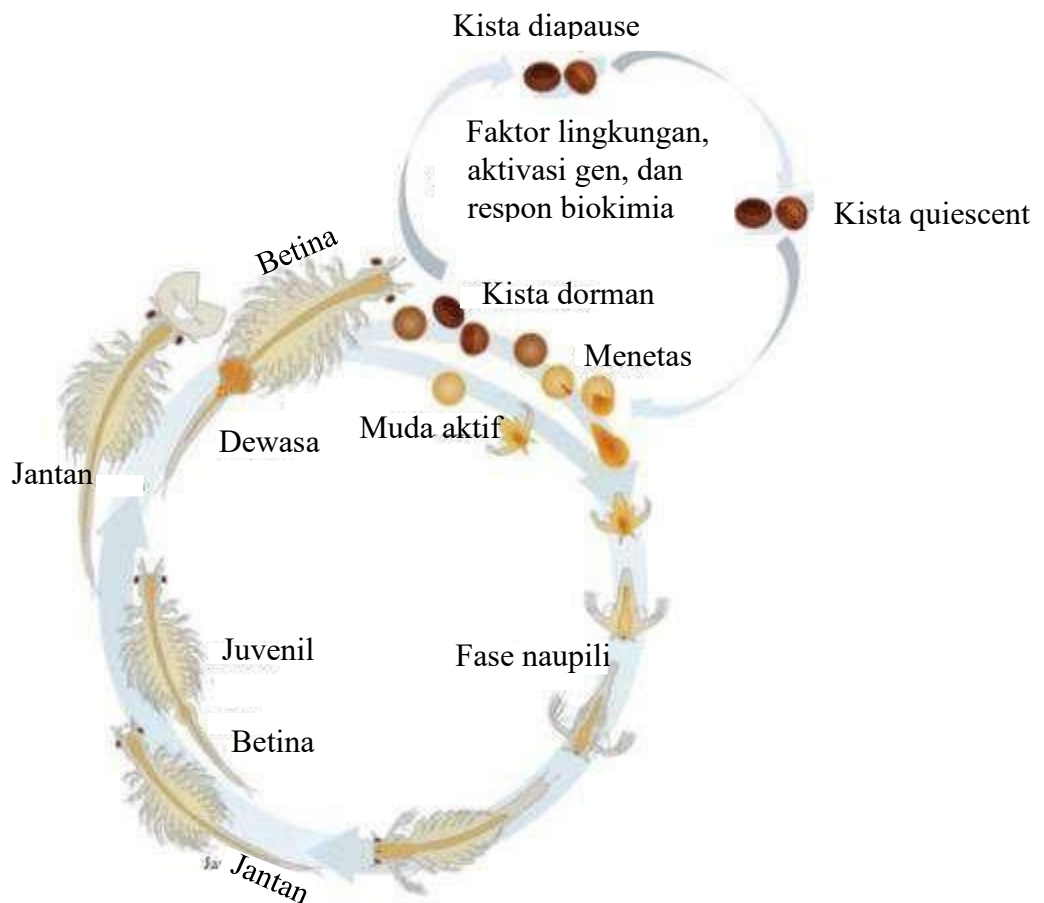
Artemia salina dapat hidup di perairan yang bersalinitas tinggi antara 60-300 ppt dan mempunyai toleransi tinggi terhadap kandungan oksigen dalam air. Oleh karena itu, potensial untuk dibudidayakan di tambak-tambak yang bersalinitas tinggi di Indonesia. Budidaya *Artemia* mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan dengan upaya untuk memanfaatkan baik kista maupun biomasnya menjadi produk kering yang mempunyai nilai ekonomis tinggi untuk mendukung usaha budidaya udang dan ikan (Utomo dkk., 2019).

2.6.2 Siklus Hidup *Artemia salina*

Siklus hidup *Artemia salina* tergolong singkat tetapi dapat bertahan hidup selama 20 hari hingga 3 bulan (Amarouayache and Belakri, 2015). Reproduksi sangat bergantung pada faktor-faktor lingkungan, seperti jenis makanan, salinitas, oksigen terlarut, dan cahaya. Reproduksi secara ovipar terjadi pada lingkungan yang kurang menguntungkan, dimulai setelah telur yang telah dibuahi berkembang menjadi gastrula yang dikelilingi oleh cangkang berwarna coklat yang keras yang tersusun dari kitin dan lipoprotein. Selanjutnya, berkembang menjadi kista. Ketika kista mampu melewati kondisi tersebut kemudian akan menjadi larva pada kondisi lingkungan yang menguntungkan. Reproduksi secara ovovivipar terjadi pada lingkungan yang menguntungkan, dimulai setelah telur yang sudah dibuahi berkembang menjadi *Artemia* muda yang bergerak dengan aktif, kemudian berdiferensiasi menjadi larva atau yang disebut naupili. Kista akan berubah menjadi naupili setelah 24-36 jam. Naupili kemudian akan berkembang menjadi *Artemia*

dewasa dalam waktu 3 minggu (Constantin *and* Mioara, 2011). Siklus hidup *Artemia salina* dapat dilihat pada Gambar 3.

Kista dapat bertahan hidup meskipun terkena senyawa berbahaya, kekeringan ekstrim, kurangnya oksigen, maupun pengaruh dari pestisida karena kista sangat resisten terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Pada naupili, pertumbuhan optimalnya terjadi pada suhu 28°C dengan salinitas 35 ppt. Larvanya hanya memiliki mata yang berfungsi sebagai fotoreseptor berjumlah satu dan kemudian akan berkembang menjadi dua buah, tetapi mata yang terdahulu tidak hilang sehingga memiliki tiga buah mata. *Artemia* dewasa berenang dengan menggunakan bagian filter makanan tambahan. Memiliki otak yang terbentuk seperti cincin. *Artemia* betina akan menghasilkan telur pada kantung telur bagian ventral (Constantin *and* Mioara, 2011).



Gambar 3. Siklus hidup *Artemia salina* (Marden dkk., 2020)

2.6.3 *Artemia salina* sebagai Hewan Uji

Artemia salina sebagai hewan uji untuk uji toksisitas karena memiliki siklus hidup yang pendek, mudah dibudidayakan, dapat berkembang biak dengan jumlah yang banyak, kista mudah untuk didapatkan, tersedia sepanjang tahun, biaya perawatan dan pengujian yang rendah, aman untuk dilakukan, dan hanya dibutuhkan dalam jumlah sedikit untuk pengujian. *Artemia salina* sudah digunakan dalam banyak pengujian toksisitas, seperti logam berat, pestisida, nanopartikel, molekul bioaktif, ekstrak alami, dan bahan logam (Banti and Hadjikakou, 2021). Untuk menetasakan *Artemia salina* diperlukan salinitas, pH, dan suhu air laut yang sesuai. Salinitas dari air laut yang digunakan sekitar 37 ppt dengan pH sedikit basa, yaitu 8-9. Cahaya juga diperlukan pada proses penetasan telur untuk mengatur suhu air yang optimal dan memicu larva keluar dari cangkangnya. Larva *Artemia salina* akan berenang mendekati cahaya karena memiliki sifat fototaksis positif. (Aksono dkk, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2026 – Maret 2026. Pembuatan ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*), pengujian fitokimia dilakukan di Laboratorium Botani, dan pengujian aktivitas toksisitas daun lamun (*Enhalus acoroides*) dengan penambahan CuSO₄ menggunakan metode BSLT dilakukan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pengujian ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) dengan metode FTIR dilakukan di UPA Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Pembuatan ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*): Oven untuk mengeringkan daun lamun (*Enhalus acoroides*), blender untuk menghaluskan daun lamun (*Enhalus acoroides*), *rotary evaporator* untuk memekatkan ekstrak, kertas saring untuk memisahkan antara cairan dan zat padat, *beaker glass* untuk menyimpan dan mencampur larutan, labu Erlenmeyer sebagai wadah untuk menyimpan larutan, gelas corong untuk memudahkan dalam memindahkan larutan ke wadah lainnya, mikropipet dan mikrotip untuk mengencerkan ekstrak menjadi beberapa konsentrasi. Pengujian fitokimia ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*): Tabung reaksi untuk wadah pengujian ekstrak, rak tabung reaksi sebagai wadah tabung reaksi, pipet tetes untuk memindahkan larutan dalam jumlah kecil, *waterbath* untuk memanaskan reagen.

- Dilakukan analisis ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) dengan metode FTIR:
Spektroskopi FTIR tipe Cary 630 untuk mengetahui gugus fungsi dari senyawa yang terkandung dalam suatu ekstrak dan komputer untuk menampilkan spektra IR dari suatu senyawa yang diujikan (Mahmiah dkk., 2023).
- Pengujian *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT):
Akuarium sebagai wadah untuk penetasan larva, aerator untuk melarutkan oksigen ke dalam air, lampu sebagai penerangan dan penjaga suhu dalam penetasan larva, neraca analitik untuk menimbang telur *Artemia salina*, pipet tetes untuk mengambil dan memindahkan larva *Artemia salina*, vial sebagai wadah dalam melakukan pengujian ekstrak terhadap larva *Artemia salina*, kaca pembesar untuk mengamati larva, dan mikroskop untuk mengamati larva secara mikroskopis.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain daun lamun (*Enhalus acoroides*), telur *Artemia salina*, air laut steril, ragi, *aquades*, etanol 96%, Mayer, asam klorida (HCl), NaOH 10%, *Lieberman Buchard*, CuSO₄, besi (III) klorida (FeCl₃) *styrofoam*, lakban hitam.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan metode penelitian 2 (dua) faktorial dengan 8 perlakuan dan 3 kali pengulangan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai konsentrasi larutan dapat dilihat pada Tabel 1.

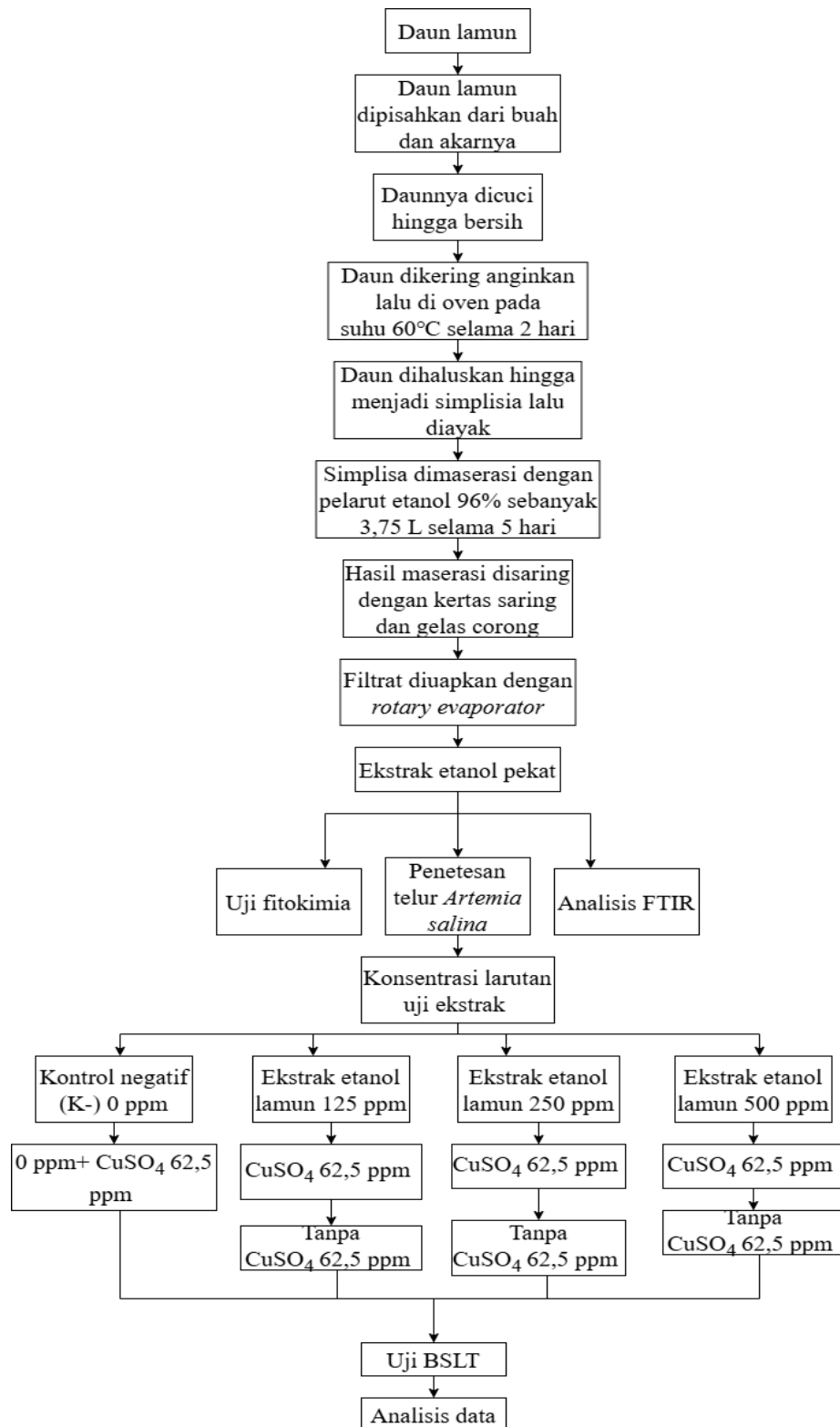
Tabel 1. Konsentrasi Perlakuan

Perlakuan	Konsentrasi
K-	0 ppm
P1	Ekstrak etanol lamun 125 ppm
P1	Ekstrak lamun 125 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P2	Ekstrak etanol lamun 250 ppm
P2	Ekstrak lamun 250 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P3	Ekstrak etanol lamun 500 ppm
P3	Ekstrak lamun 500 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P4	CuSO ₄ 62,5 ppm

Parameter yang akan diukur adalah kematian 50% hewan uji yaitu *Artemia salina* (Suprayogi dkk., 2021). Kelompok kontrol negatif dengan konsentrasi 0 ppm hanya menggunakan air laut steril tanpa penambahan ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*).

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Ekstrak Etanol Lamun (*Enhalus acoroides*)

Daun lamun dipisahkan dari buah, pelepah, rhizoma, dan akarnya. Selanjutnya, daun lamun dicuci dengan bersih. Lalu, ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode maserasi, yaitu dengan cara merendam bahan menggunakan pelarut yang sesuai dengan senyawa aktif yang terkandung dalam bahan tersebut selama beberapa waktu. Proses pembuatan ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai berikut:

1. Daun lamun (*Enhalus acoroides*) yang telah dibersihkan dengan menggunakan air mengalir dikering anginkan, lalu dioven pada suhu 60°C selama 2 hari (Sari dan Asri, 2022).
2. Kemudian daun lamun dihaluskan dengan menggunakan blender hingga diperoleh simplisia. Setelah itu, simplisia diayak dan dihitung berat yang didapat lalu disimpan pada suhu kamar.
3. Simplisia daun lamun (*Enhalus acoroides*) sebanyak 500 g dimaserasi dalam pelarut etanol 96% sebanyak 3 L selama 3 hari dan dilindungi dari cahaya matahari sambil diaduk (Sapitri dkk, 2022).
4. Hasil maserasi disaring agar filtrat dan ampasnya terpisah dengan menggunakan kertas saring dan gelas corong.
5. Ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak pekat (Sapitri dkk, 2022).

3.5.2 Uji Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan dengan menggunakan pereaksi warna untuk melihat reaksi yang timbul.

Pengujian fitokimia mengacu pada Kumalasari dan Andiarna (2020) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Prosedur Uji Fitokimia

Jenis Uji	Perlakuan	Indikator
Alkaloid	10 tetes ekstrak daun lamun + 10 tetes pereaksi mayer	Terbentuk endapan berwarna coklat muda hingga kuning pada pereaksi mayer
Flavonoid	10 tetes ekstrak daun lamun + NaOH 10%	Terbentuk warna kuning cerah atau kekuningan
Triterpenoid dan Steroid	10 tetes ekstrak daun lamun + 20 tetes <i>Lieberman Buchard</i>	Terbentuk warna merah keunguan atau hijau
Tanin	10 tetes ekstrak daun lamun + pereaksi FeCl ₃	Terbentuk warna hitam kehijauan
Saponin	10 tetes ekstrak daun lamun + 5 ml aquadest	Terdapat busa

3.5.3 Identifikasi Senyawa menggunakan Metode FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan alat yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi dari suatu campuran tanpa merusak sampel dengan prinsip interaksi antara interaksi energi dan materi secara kualitatif maupun kuantitatif. Daerah *infrared* berdasarkan panjang gelombang pada spektrum gelombang elektromagnetik dibedakan menjadi 3 daerah, yaitu 14000-4000 cm⁻¹ (IR dekat), 4000-400 cm⁻¹ (IR sedang), dan 400-10 cm⁻¹ (IR jauh) (Sari dkk., 2018). Sebanyak 2 mg sampel ekstrak lamun dan 198 mg KBr ditimbang dan dihaluskan, lalu dicetak membentuk plat tipis

yang transparan. Selanjutnya, sampel dibaca dengan menggunakan alat FTIR. Kromatogram yang dihasilkan dibandingkan dengan tabel IR.

3.5.4 Penetasan Telur *Artemia salina*

Penetasan telur *Artemia salina* dilakukan 2 hari sebelum pengujian dilaksanakan. Disiapkan terlebih dahulu akuarium yang ingin digunakan, lalu dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian gelap dan bagian terang yang dipisahkan oleh pembatas *styrofoam* yang telah dilubangi bagian bawahnya. Tujuannya agar telur *Artemia salina* yang telah menetas dapat keluar melalui lubang pada *styrofoam*. Bagian akuarium yang gelap dibuat dengan cara ditutupi oleh lakban hitam, sedangkan bagian yang terang diberi cahaya lampu yang dilengkapi oleh aerator untuk melarutkan oksigen. Kemudian, diisi wadahnya dengan air laut steril sebanyak 500 ml. Selanjutnya, akuarium diletakkan pada suhu ruang. Telur *Artemia salina* ditimbang terlebih dahulu sebanyak 100 mg. Selanjutnya, telur *Artemia* dimasukkan ke dalam bagian akuarium yang gelap dan dibiarkan selama 48 jam. *Artemia salina* yang telah menetas menjadi larva berusia 48 jam dapat digunakan sebagai hewan uji dalam uji BSLT (Windyaswari dkk., 2015).

3.5.5 Penyiapan Larutan Stok

Larutan stok dibuat dengan cara mengambil 100 mg ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) dan dilarutkan dalam 100 ml air laut steril sehingga diperoleh larutan stok dengan konsentrasi 1000 ppm. Kemudian, larutan stok tersebut diencerkan kembali dengan konsentrasi 125 ppm, 250 ppm, dan 500 ppm dengan cara pengenceran air laut steril hingga 5 ml (Widyasari dkk., 2018).

3.5.6 Uji Toksisitas dengan Metode BSLT

Uji toksisitas ekstrak etanol daun lamun (*Enhalus acoroides*) dilakukan terhadap larva *Artemia salina* yang berusia 48 jam. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai konsentrasi larutan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Perlakuan

Perlakuan	Konsentrasi
K-	0 ppm
P1	Ekstrak etanol lamun 125 ppm
P1	Ekstrak lamun 125 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P2	Ekstrak etanol lamun 250 ppm
P2	Ekstrak lamun 250 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P3	Ekstrak etanol lamun 500 ppm
P3	Ekstrak lamun 500 ppm+CuSO ₄ 62,5 ppm
P4	CuSO ₄ 62,5 ppm

Untuk kontrol negatif, yaitu konsentrasi 0 ppm tanpa penambahan ekstrak etanol daun lamun. Air laut steril ditambahkan ke dalam masing-masing tabung uji. Sebanyak 10 larva *Artemia salina* berusia 48 jam dimasukkan ke dalam masing-masing tabung uji. Lalu, ragi sebanyak 3 mg dilarutkan dalam 5 ml air laut dan ditambahkan sebanyak 1 tetes ke dalam tabung uji sebagai sumber makanan bagi larva *Artemia salina*. Setelah itu, didiamkan selama 24 jam. Kemudian, kematian larva *Artemia salina* dihitung dengan menggunakan bantuan kaca pembesar yang disinari cahaya. Jika tidak terjadi pergerakan pada larva *Artemia salina*, maka dihitung kematian larva pada masing-masing konsentrasi. Jumlah larva yang mati dihitung dengan cara mengurangkan jumlah total larva pada tiap konsentrasi dengan jumlah larva yang masih hidup.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Uji Fitokimia

Uji fitokimia menunjukkan hasil positif setelah ditambahkan dengan pereaksi tertentu jika terbentuk endapan dan perubahan warna pada ekstrak etanol daun lamun. Hasil dari uji fitokimia yang telah dilakukan selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

3.6.2 Identifikasi Senyawa Hasil FTIR

Analisis senyawa hasil FTIR dilakukan dengan cara pengamatan hasil data yang diperoleh berupa bilangan gelombang melalui analisis deskriptif.

3.6.3 Uji Toksisitas dengan Metode BSLT

Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) merupakan metode yang umum digunakan untuk menguji kandungan yang dapat bersifat toksik dari senyawa aktif dari bahan alam dengan cara menentukan *lethal concentration* 50% (LC₅₀) (Nerdy dkk., 2021). Perhitungan persentase kematian larva *Artemia salina* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%Kematian\ larva = \frac{Jumlah\ larva\ mati}{Jumlah\ larva\ total} \times 100\%$$

Tetapi, jika pada kontrol ada yang mati, % kematian dapat dihitung dengan rumus (Widyasari dkk., 2018):

$$\%Kematian\ larva = \frac{Jumlah\ larva\ mati\ pada\ uji - Jumlah\ larva\ mati\ pada\ kontrol}{Jumlah\ larva\ uji\ awal\ pada\ larutan\ uji} \times 100\%$$

Setelah mendapatkan persentase mortalitas dianalisis nilai probit dengan menggunakan SPSS untuk mendapatkan nilai LC₅₀. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan ANOVA pada taraf 5% (Caroline dkk., 2019).

3.6.4 Analisis Tiap Perlakuan

Persen kematian yang dimiliki oleh setiap perlakuan akan dianalisis dengan menggunakan ANOVA pada taraf 5% signifikansi. Jika ada perbedaan dari setiap perlakuan maka akan diuji lanjut dengan menggunakan BNJ pada taraf 5%. LC_{50} merupakan konsentrasi ekstrak yang dapat menyebabkan terjadinya kematian sebesar 50% pada larva *Artemia salina*. Jika nilai $LC_{50} < 1000$ ppm maka senyawa tersebut berpotensi sebagai agen anti kanker. Tingkat toksisitas pada suatu senyawa dikategorikan menjadi golongan sangat toksik ($LC_{50} < 30$ ppm), toksik ($LC_{50} < 1000$ ppm), dan tidak toksik ($LC_{50} > 1000$ ppm) (Setianingsih dkk, 2023).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekstrak etanol daun lamun *Enhalus acoroides* toksik terhadap larva *Artemia salina* dengan tingkat kematian sebesar 90%.
2. Kombinasi ekstrak etanol daun lamun *Enhalus acoroides* dengan CuSO_4 lebih toksik terhadap larva *Artemia salina*.
3. Nilai LC_{50} ekstrak daun lamun *Enhalus acoroides* sebesar 1,480 ppm, kombinasi ekstrak lamun dan CuSO_4 sebesar 2,501 ppm, dan CuSO_4 sebesar 11,81 ppm yang menunjukkan bahwa ekstrak tersebut tergolong sangat toksik terhadap larva *Artemia salina* pada metode BSLT.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan variasi konsentrasi yang lebih tinggi dari yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat atau nilai LC_{50} yang lebih optimal.
2. Perlu dilakukan analisis fitokimia secara kuantitatif terhadap ekstrak daun lamun *Enhalus acoroides* untuk mengetahui kadar masing-masing senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, steroid, dan terpenoid secara lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriani, P I., Puspawati, I., Adiputra, S., dan Nadeak, T. Z. 2024. Pengaruh Pengolahan Termal terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi dengan Spektroskopi FTIR. *Innovative: Journal of Social Research*. 4(1): 3424-3432.
- Agustin, T. 2020. Potensi Metabolit Aktif dalam Sayuran Cruciferous untuk Menghambat Pertumbuhan Sel Kanker. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*. 2(4): 459-472.
- Aksono, E. B., Latifah, A. C., Suwanti, L. T., Ul Haq, K., dan Pertiwi, H. 2022. Clove Flower Extract (*Syzygium aromaticum*) Has Anticancer Potential Effect Analyzed by Molecular Docking and *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Veterinary Medicine International*. 2022: 1-7.
- Albano, M., Panarello, G., Paola, D. D., Capparucci, F., Crupi, R., Gugliandolo, E., Spano, N., Capillo, G., and Savoca, S. 2021. The Influence of Polystyrene Microspheres Abundance on Development and Feeding Behavior of *Artemia salina* (Linnaeus, 1758). *Appl. Sci*. 11(3352): 1-17.
- Amarouayache, M. and Belakri, N. 2015. On a Parthenogenetic Population of *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria (El-Bahira, Setif). *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*. 3(4): 59-65.
- Badriyah, L., Asih, N. N. E., Ni'amah, N. S., Ningrum, H. R., Mardiyanti, Y., dan Wulansari, R. D. 2023. Penambahan Ekstrak Lamun (*Enhalus acoroides*) dan Gonad Bulu Babi (*Diadema setosum*) sebagai Formulasi Sediaan Moisturizer Body Lotion. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 26(1): 97-106.
- Banti, C. N., and Hadjikakou, S. K. 2021. Evaluation of Toxicity with Brine Shrimp Assay. *Bio Protoc*. 11(2): e3895.
- Betan, E. A. A., Tukan, M. N. M. M., dan Peni, D. 2025. Identifikasi Senyawa Aktif Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pasir Putih Pantai Besar Kabupaten Flores Timur. *Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*. 5(3): 1111-1123.

- Caroline, J., Handriyono, R. E., Ximenes, S. S., dan Kusuma, M. N. 2019. Analysis of The Toxicity Level of Jeans Dyeing Waste Using Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Research and Technology*. 5(3): 99-105.
- Christin, F., Elystia, S., dan Elvi, Y. 2015. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Tahu Terhadap *Daphnia magna* dengan Metode Renewal Test. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*. 2(2): 1-9.
- Constantin, M. and Mioara, D. 2011. *Artemia salina*. *Balneo-Research Journal*. 2(4): 119-122.
- Cooper, G. M. 2000. *The Cell: A Molecular Approach*. 2nd Edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates. The Development and Causes of Cancer. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9963/>
- Dewi, U. S. C., Soedharma, D., dan Kawaroe, M. 2012. Komponen Fitokimia dan Toksisitas Senyawa Bioaktif dari Lamun *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* dari Pulau Pramuka, DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 3(2): 23-27.
- El-Haddy, H. H. A., Daboor, S. M. Ghoniemy, A. E. 2007. Nutritive and Antimicrobial Profiles of Some Seagrasses from Bardawil Lake, Egypt. *Egyptian Journal Aquatic Research*. 33(3): 103-110.
- Fitriyanti, D., Tutik., dan Ulfa, M. A. 2024. Uji Toksisitas BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*) Terhadap Larva Udang Ekstrak Metanol Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dengan Metode Ekstraksi sokletasi dan Refluks. *Jurnal Farmasi Malahayati*. 7(1): 95-104.
- Fathoni, R., Karmila., Nitami, A. D., dan Simanjuntak, F. A. M. 2023. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Adsorben Kulit Jagung Terhadap Penurunan Konsentrasi Logam Berat. *Jurnal Chemurgy*. 8(1): 98-102.
- Fatimah, R., dan Santoso, A. S. B. 2020. Toksisitas Akut Dekok Daun Kersen (*Muntingia calabura*) Menggunakan Metode BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*). *Pharmacy Medical Journal*. 3(2): 47-52.
- Harborne, J. B. 1998. *Phytochemical Methods: a Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Springer.
- Hidayah, H. A., Fitriyani, A., Sari, K., dan A., M. M. 2023. Hubungan antara Aktivitas Antioksidan dan Antikanker. *Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan dan Kedokteran*. 1(3): 128-133.

- Hutasuhut, A. D., Aspriyanto, D., dan Firdaus, K. A. W. I. 2022. Uji Fitokimia Kualitatif dan Kuantitatif Ekstrak Kulit Buah Rambai (*Baccaurea motleyana*) Konsentrasi 100%. *Jurnal Kedokteran Gigi*. 6(2): 97-102.
- Illahi, F. G., Karina, S., dan Irwan. 2021. Studi Literatur Potensi di Berbagai Perairan Aceh. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*. 1(2): 94-103.
- Janakiraman, N. and Johnson, M. 2016. Ethanol Extracts of Selected Cyathea Species Decreased Cell Viability and Inhibited Growth in MCF 7 Cell Line Cultures. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*. 9(3): 151-155.
- Jonathan., Hairani, R., dan Ruga, R. 2024. Skrining Fitokimia dan Uji Toksisitas Ekstrak Diklorometana Rimpang Temu Kunci (*Boesenbergia rotunda*). *Jurnal Atomik*. 9(2): 62-68.
- Juliantara, P. K. I., dan Putra, S. F. A. G. I. 2017. *Lethal Concentration* Anggang-Anggang (*Gerris marginatus*) Terhadap Detergen dan Pewarna Kain Sintetis. *Jurnal Ilmiah Medicamento*. 3(1): 48-52.
- Karim, Y. F., Kawung, J. N., dan Wagey, T. B. 2019. Uji Toksisitas dari Ekstrak Lamun Jenis *Thalassia hemprichii* dari Perairan Kalasey dengan Menggunakan Metode *Brine Shrimp Lethality Test*. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 7(3): 265-270.
- Kawung, J. N., Rompas, M. R., Wagey, T. B., Sumangando, A., Kaempe, H., Untu, S., dan Palandi, R. R. 2022. Toxicity Test of Softcoral *Lobophytum* sp Against *Artemia salina* Shrimp, L. using the *Brine Shrimp Lethality* Method. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 10(2): 33-38.
- Kementerian Kesehatan RI. 2018. Riskesdas dalam Angka, Indonesia. *in Laporan Nasional Riskesdas 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kementerian Kesehatan RI. 2019. *Artikel Hari Kanker Sedunia 2019*. <https://www.depkes.go.id/article/view/19020100003/hari-kanker-sedunia2019.html>
- Kumalasari, M. L. F., dan Andiarna, F. 2020. Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.). *Indonesian Journal for Health Sciences*. 4(1): 39-44.
- Kurniawan, H. dan Ropiqa, M. 2021. Uji Toksisitas Ekstrak Etanol Daun Ekor Kucing (*Acalypha hispida* Burm.f.) dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*. 3(2): 52-62.

- Mahmiah., Sa'adah, N., Sunur, N. H., dan Wijayanti, N. 2023. Profil Metabolit Ekstrak Etanol *Enhalus acoroides* (L.F.) Royle, 1839 dari Nusa Tenggara Timur. *Journal of Marine Research*. 12(1): 151-160.
- Marden, B., Brown, P., and Bosteels, T. 2020. Great Salt Lake *Artemia*: Ecosystem Functions and Services with a Global Reach. In: Baxter, B., Butler, J. (eds). *Great Salt Lake Biology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40352-2_7.
- Mardiyana., Effendi, H., dan Nurjanah. 2014. Hubungan Biomassa Epifit dengan Aktivitas Antioksidan Lamun di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(1): 7-13.
- Mardiyanti, Y., Asih, N. N. E., Rohmatika, F., dan Ni'amah, N. S. 2024. Potensi Ekstrak Lamun *Enhalus acoroides* Kering dan Basah dari Perairan Sapeken-Madura sebagai Antibakteri *Vibrio parahaemolyticus*. *Juvenil*. 5(2): 196-205.
- Martin, J. W. and Davis, G. E. 2001. An Updated Classification of The Recent Crustacea. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County. Sci. Ser.*, 39: 1-124.
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., and McLaughlin, J. L. 1982. Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Journal of Medicinal Plant Research*. 45. pp. 31-34.
- Muaja, D. A., Koleangan, J. S. H., dan Runtuwene, J. R. M. 2013. Uji Toksisitas dengan Metode BSLT dan Analisis Kandungan Fitokimia Ekstrak Daun Soyogik (*Saurauia bracteosa* DC) dengan Metode Soxhletasi. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*. 2(2): 115-118.
- Musruroh, S., dan Purnomo, T. 2024. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Tumbuhan Akuatik sebagai Indikator Pencemaran di Sungai Brantas Mojokerto. *Lentera Bio*. 13(1): 131-140.
- Nasreen, T., Amudha, P., Vidya, R., and Poojitha, N. B. 2024. Phytochemical Screening, Antioxidant and Cytotoxic Activity of the Seagrass-*Enhalus acoroides*. *African Journal of Biological Sciences*. 6(8): 1717-1731.
- Natsir, A. N. 2022. Karakteristik Struktur Mikro Organ Lamun *Enhalus acoroides* Menggunakan Teknik SEM (*Scanning Electron Microscope*). *Jurnal Penelitian*. 1(1): 1-6.

- Nerdy, N., Lestari, P., Sinaga, J. P., Ginting, S., Zebua, N. F., Mierza, V., and Bakri, T. K. 2021. Brine Shrimp (*Artemia salina* Leach.) Lethality Test of Ethanolic Extract from Green Betel (*Piper betle* Linn.) and Red Betel (*Piper crocatum* Ruiz and Pav.) Through the Soxhletation Method for Cytotoxicity Test. *J. Med. Sci.* 9(A): 407-412.
- Nuralifah., Parawansah., dan Nur, H. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Air dan Ekstrak Etanol Daun Kacapiring (*Gardenia jasminoides* Ellis) Terhadap Larva *Artemia salina* Leach dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education.* 1(2): 98-106.
- Nurfitriyana., Fithri, A. N., Fitria., dan Yanuarti, R. 2022. Analisis Interaksi kimia *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Tablet Gastroentif Ekstrak Daun petai (*Parkia speciosa* Hassk) dengan Polimer HPMC-K4M dan Kitosan. *IONTech.* 3(2): 27-33.
- Nurlita, D., Chatri, M., Siregar, A. B., Handayani, D., dan Irdawati. 2024. Flavonoid, Alkaloid, dan Terpenoid: Senyawa Metabolit Sekunder dari Tumbuhan dan Peranannya Terhadap Perlindungan Tanaman dari Penyakit. *Prosiding SEMNASBIO 8.*
- Purnama., Ramadan, R., Lestari, P. R., dan Andriantoro. 2019. Pengujian Toksisitas *Lethal Concentration 50* (LC₅₀) Terhadap Udang Windu (*Penaeus monodon*) Menggunakan Larutan Acuan Toksikan Kalium Klorida (KCL). *Ecolab.* 17(2): 85-93.
- Rawung, S., Tilaar, F. F., dan Rondonuwu, B. A. 2018. Inventarisasi Lamun di Perairan Marine Field Station Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Platax.* 6(2): 38-45.
- Safitri, D., Rahim, A. E., Prismawiryanti., dan Sikanna, R. 2017. Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Selulosa Kulit Durian (*Durio zibethinus*). 3(1): 58-68.
- Sapitri, A., Marbun, E. D., Asfianti, V., dan Mayasari, U. 2022. Utilization of Lime Peel (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) Ethanol Extract for Mouthwash Formulation to Prevent Dental Caries. *International Conference on Sciences Development and Technology.* 2(1): 88-94. 51
- Shaffai, E. A., Mettwally, A. S. W., and Mohamed, A. I. S. 2023. a Comparative Study of the Bioavailability of Red Sea seagrass, *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle (Leaves, Roots, and Rhizomes) as Anticancer and Antioxidant with Preliminary Phytochemical Characterization using HPLC, FTIR, and UPLC-ESI-TOF-MS Spectroscopic Analysis. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.*12(1):1-12.

- Sari, A. N. dan Asri, M. T. 2022. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Shigella dysenteriae*. *LenteraBio*. 11(3): 441-448.
- Sari, W. N., Fajri, Y. M., dan W., Anjas. 2018. Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa acuminata* (L)). *IJOB*. 2(1): 30-34.
- Setianingsih, N. L. P. P., Singapurwa, N. M. A. S., Arygunartha, G. Y., Djelantik, S. A. M. A., dan Winduyasa, I. W. 2023. Environmental Health Risk Analysis of Legundi Leaf Essential Oil Toxicity (*Vitex trifolia* L.). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 15(1): 67-75.
- Sumihe, G., Runtuwene, J. R. M., dan Rorong, A. J. 2014. Analisis Fitokimia dan Penentuan Nilai LC₅₀ Ekstrak Metanol Daun Liwas. 14(2): 125-128.
- Suprayogi, D., L, H. S., Ratodi, M., dan Ardilla, F. F. 2021. Analisis Uji Toksisitas Akut Logam Cu Terhadap *Artemia salina* dan *Daphnia magna*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 7(1): 9-17.
- Tombinawa, F., Hasim., dan Tuiyo, R. 2016. Daya Tetas *Artemia* sp. menggunakan Air Bersalinitas Buatan dengan Jenis Garam Berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(2): 45-49.
- Utomo, B. S. B., Amini, S., dan Wikanta, T. 2019. Pengawetan Kista *Artemia* dan Uji Pertumbuhan Biomassanya. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 8(6): 65-70.
- Veeramani, T., Santhanam, P., Manickam, N., and Rajthilak, C. 2019. Introduction to *Artemia* Culture. in: Santhaman, P., Begum, A., Pachiappan, P. (eds) *Basic and Applied Zooplankton*. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7953-5_7
- Widyasari, R., Yuspitasi, D., Wildaniah, W., dan Wahida, R. C. 2018. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Metanol Kulit Buah Jeruk Sambal (*Citrus macrocarpa* Bunge) Terhadap Larva *Artemia salina* L. dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Medical Sains*. 3(1): 51-58.
- Windyaswari, S. A., Faramayuda, F., dan Ratnasari, D. 2015. Kajian Pendahuluan Potensi Antikanker dengan Uji Toksisitas Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) Terhadap Ekstrak Etanol dan Fraksi-Fraksi dari Kulit Batang Kemiri *Aleurites moluccana* (L.) Willd. *Kartika Jurnal Ilmiah Farmasi*. 3(1): 36-42.

Witriani, W., Widiastuti, E. L., Kanedi, M., dan Nurcahyani, N. 2014. Bioassay Ekstrak *Selaginella willdenowii* dengan *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 2(1): 46-49.