

---

**PROFIL FITOKIMIA DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI *ULVA LACTUCA* HASIL EKSTRAKSI BERTINGKAT BERBASIS *ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION***

*Phytochemical Profile and Antibacterial Activity of *Ulva lactuca* Extracts Obtained by Ultrasound-Assisted Sequential Extraction*

**Made Gendis Putri Pertiwi<sup>1\*</sup>, Zainuri<sup>2</sup>, Ines Marisya Dwi Anggraini<sup>3</sup>, Dilla Afriansyah<sup>4</sup>, Eka Partiw<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> *Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Matram*

Diterima: 31 Maret 2026; Direvisi: 24 April 2026; Diterbitkan: 15 Mei 2026

**ABSTRAK:** Produksi rumput laut di Indonesia cukup melimpah, namun pemanfaatannya terutama *Ulva lactuca* masih belum optimal, khususnya sebagai sumber senyawa bioaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder serta mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak *Ulva lactuca* yang diperoleh melalui ekstraksi bertingkat. Metode penelitian meliputi preparasi sampel, ekstraksi bertingkat menggunakan pelarut n-heksana, etil asetat, dan etanol dengan bantuan teknik *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)*, skrining fitokimia secara kualitatif, serta uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi agar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak *Ulva lactuca* mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid dan fenol. Ketiga ekstrak *Ulva lactuca* menunjukkan kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Adanya efek sinergis antar senyawa bioaktif dalam *Ulva lactuca* mampu membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan terlarut sehingga merusak membran sel bakteri. Secara keseluruhan, kombinasi ekstraksi bertingkat dan teknik UAE terbukti efektif dalam mengisolasi senyawa bioaktif dari *Ulva lactuca* dan meningkatkan potensi pemanfaatannya sebagai sumber antibakteri alami.

**Kata kunci:** Aktivitas Antibakteri; Ekstraksi Bertingkat; Ekstraksi Sonikasi; Metabolit Sekunder; *Ulva Lactuca*

**ABSTRACT:**

*Indonesia has abundant seaweed resources; however, the utilization of certain species such as *Ulva lactuca* remains suboptimal, particularly as a source of bioactive compounds. This study aimed to identify the secondary metabolite content and evaluate the antibacterial activity of *Ulva lactuca* extracts obtained through sequential extraction. The research methods included sample preparation, sequential extraction using n-hexane, ethyl acetate, and ethanol assisted by the *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)* technique, qualitative phytochemical screening, and antibacterial activity testing using the agar diffusion method against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The results showed that *Ulva lactuca* extracts contained alkaloids, flavonoids, terpenoids, and phenolic compounds. All three *Ulva lactuca* extracts demonstrated the ability to inhibit bacterial growth. The synergistic effect among the bioactive compounds in *Ulva lactuca* is capable of forming complexes with extracellular and soluble proteins, thereby damaging the bacterial cell membranes. In conclusion, the combination of sequential extraction and UAE proved to be effective in isolating bioactive compounds from *Ulva lactuca* and enhancing its potential as a natural antibacterial agent.*

**Keywords:** Antibacterial Activity; Secondary Metabolites; Sequential Extraction; UAE; *Ulva Lactuca*

---

\*corresponding author  
Email : md\_gendisputri@unram.ac.id

Recommended APA Citation :

Pertiwi, M.G.P., Zainuri, Z., Anggraini, I.M.D., Afriansyah, D., Partiwi, E. (2026). Profil Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri *Ulva Lactuca* Hasil Ekstraksi Bertingkat Berbasis *Ultrasound-Assisted Extraction*. *J.Aquac.Indones.*, 5(2): 203-220. <http://dx.doi.org/10.46576/jai.v5i2.8495>

## PENDAHULUAN

Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki sumber daya laut yang sangat melimpah. Salah satunya yaitu rumput laut (*seaweed*) atau makroalga. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah produksi rumput laut di Indonesia mencapai 9,12 juta ton pada tahun 2021 dan tersebar di 23 provinsi. NTB termasuk ke dalam lima besar provinsi penghasil rumput laut dengan total produksi 402,6 ribu ton basah. Meskipun rumput laut merupakan komoditas unggulan daerah NTB, namun sampai saat ini rumput laut belum dapat dikelola secara maksimal. Hal ini disebabkan oleh masih terbatasnya pengetahuan terkait teknologi penanganan pasca panen dan pengolahan hasil. Mayoritas masyarakat menjual langsung rumput laut mentah baik dalam bentuk basah ataupun kering. Hanya sebagian kecil masyarakat yang mengolahnya menjadi produk olahan seperti manisan dan keripik. Rendahnya pemodalan petani, terbatasnya sarana prasarana pengolahan dan minimnya kemitraan dalam pemasaran produk semakin menghalangi pengembangan produk rumput laut (Hidayat dan Safitri, 2019).

Lombok merupakan salah satu daerah yang berpotensi menjadi kawasan ekonomi biru karena kondisi perairannya sesuai untuk membudidayakan ikan kerapu, lobster dan rumput laut. Jenis rumput laut yang terdapat di Lombok diantaranya adalah *Kappaphycus alvarezii*, *Euचेuma spinosum*, *Gracilaria* sp., *Sargassum aquifolium*, *Caulerpa* sp., *Ulva lactuca*, *Turbinaria* sp., dan *Gelidium* sp. Jenis rumput tersebut tidak semuanya telah dibudidayakan. Jenis rumput laut yang sudah banyak dibudidaya terutama di perairan Sekotong dan Teluk Ekas diantaranya yaitu *Euचेuma spinosum*, *Euचेuma cottoni*, dan *Euचेuma gracilaria*.

*Ulva lactuca* atau sering disebut sebagai selada laut (*sea lettuce*) merupakan salah satu jenis rumput laut yang belum dibudidayakan dan tumbuh liar di perairan Lombok seperti Teluk Ekas, Sekotong, Lembar dan Labuhan Haji (Cokrowati *et al.*, 2023). *Ulva lactuca* mengandung karbohidrat hingga 60%, protein sebesar 10–47%, dan kandungan lipid yang relatif rendah, yaitu 1–3%, serta kandungan abu mineral yang bervariasi antara 7–38% (Kraan, 2013; Putra *et al.*, 2024). *Ulva lactuca* juga mengandung senyawa bioaktif, seperti polisakarida, fenolik, flavonoid, asam fenolat, pigmen dan asam lemak yang berpotensi memberikan efek biologis penting. Oleh karena tingginya kandungan gizi pada *Ulva lactuca*, saat ini

*Ulva lactuca* telah banyak dimanfaatkan baik di industri pangan maupun non-pangan sehingga kebutuhannya semakin meningkat (Yu-Qing *et al.*, 2016; Pappou *et al.*, 2022; Anjali *et al.*, 2019; Benítez *et al.*, 2020). Dengan meningkatnya fokus global pada kesehatan dan keberlanjutan lingkungan, eksplorasi *Ulva lactuca* sejalan dengan permintaan senyawa bioaktif yang beragam.

Berbagai penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa bioaktif dari *Ulva lactuca* memiliki aktivitas antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, hingga imunomodulator (Yu-Qing *et al.*, 2016; M´armol *et al.*, 2021; Saini dan Keum, 2018). Aktivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis senyawa yang terkandung serta metode ekstraksi yang digunakan (Abou El Azm *et al.*, 2019). Teknik ekstraksi seperti maserasi dan ekstraksi pelarut, telah banyak digunakan (Lomartire *et al.*, 2021). Pelarut organik seperti n-heksana, kloroform, etil asetat, dan etanol sering dipakai untuk mengekstraksi senyawa bioaktif yang terkandung dalam *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* (Arsianti *et al.*, 2016; Dewi *et al.*, 2018). Faktor kunci agar dapat memperoleh senyawa bioaktif secara optimal yaitu dengan pemilihan pelarut yang tepat dengan didasarkan pada tingkat polaritasnya. Pelarut polar seperti etanol cenderung mengekstrak senyawa fenolik dan flavonoid, pelarut semi-polar seperti etil asetat mampu melarutkan senyawa dengan polaritas menengah seperti steroid, *glycoside*, flavonoid, sedangkan pelarut non-polar seperti n-heksana efektif untuk mengekstrak senyawa non polar seperti lipid. Efektivitas ekstraksi *Ulva lactuca* sangat dipengaruhi oleh variasi pelarut (polaritas). Penggunaan berbagai jenis pelarut terbukti mampu mengekstraksi senyawa bioaktif seperti steroid, flavonoid, tanin, dan glikosida, yang memiliki aktivitas antikanker (Arsianti *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pendekatan ekstraksi bertingkat menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh fraksi senyawa yang lebih spesifik.

Teknik ekstraksi senyawa bioaktif pada *Ulva lactuca* dapat dilakukan secara konvensional maupun secara modern. Teknik konvensional seperti metode maserasi masih sering digunakan karena relatif sederhana dan mudah diaplikasikan (Arsianti *et al.*, 2016; Dewi *et al.*, 2018; Hidayati *et al.*, 2020). Metode ekstraksi modern seperti *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dan *Pressurized Liquid Extraction* (PLE) mulai banyak diterapkan karena memiliki efisiensi lebih tinggi (Putra *et al.*, 2023; Del Pilar Sánchez-Camargo *et al.*, 2021; Cermeño *et al.*, 2020; Otero *et al.*, 2018). Teknik UAE merupakan teknik ekstraksi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk meningkatkan proses ekstraksi melalui fenomena kavitasi yang melibatkan pembentukan, pertumbuhan, dan implosi mikrogelembung dalam medium ekstraksi (Yusoff *et al.*, 2022). Teknik UAE memiliki keunggulan seperti efisiensi ekstraksi yang lebih baik, waktu ekstraksi yang lebih singkat, penggunaan pelarut yang lebih sedikit, aman bagi senyawa yang sensitif terhadap panas, dan ramah lingkungan. Teknik UAE mampu meningkatkan transfer massa, menghasilkan hasil lebih tinggi dalam waktu lebih singkat, dengan kebutuhan pelarut lebih rendah dan suhu operasi

lebih rendah, sehingga tidak merusak senyawa kimia yang terkandung (Rashad *et al.*, 2021; Essa *et al.*, 2018).

Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji potensi bioaktif *Ulva lactuca*, informasi mengenai karakteristik fisik, kimia, serta profil metabolit sekunder dari *Ulva lactuca* yang berasal dari perairan Lombok masih terbatas. Selain itu, kajian yang mengombinasikan metode ekstraksi bertingkat dengan teknik UAE untuk mengevaluasi potensi aktivitas antibakteri juga masih jarang dilaporkan. Kesenjangan penelitian ini menjadi penting untuk diisi mengingat potensi besar *Ulva lactuca* sebagai sumber bahan alami yang dapat dikembangkan dalam pangan, farmasi, dan kosmetik. Selain itu, minimnya informasi tentang karakteristik kimia dan fisik *Ulva lactuca* dari perairan Lombok menghambat eksplorasi dan inovasi produk. Penelitian ini juga relevan dengan meningkatnya fokus global pada kesehatan dan keberlanjutan lingkungan, sekaligus mendukung pengembangan ekonomi biru di daerah pesisir.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan antara bulan Mei sampai Agustus 2025 di Laboratorium Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.

### **Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, *waterbath sonicator*, autoklaf, *food dehydrator*, oven, seperangkat alat destilasi, seperangkat alat *soxhlet*, tanur, timbangan analitik, dan inkubator. Bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu rumput laut hijau spesies *Ulva lactuca* yang diambil dari Pantai Ekas di Desa Ekas Buana, Lombok Timur, etanol, etil asetat, n-heksana, alkohol, antibiotik (kloramfenikol), aquades,  $\text{CuSO}_4$ , inokulum bakteri *Escherichia coli*, inokulum bakteri *Staphylococcus aureus*, kloroform, indikator BCG-MR,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , larutan  $\text{FeCl}_3$  3%, larutan  $\text{FeCl}_3$  10% larutan HCl 0,1 N, HCl 2N, larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , larutan  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , media *Nutrient Agar* (NA), NaOH, pereaksi *dragendorff*, pereaksi *Liebermen-Burchard*, pereaksi *mayer*, dan serbuk magnesium.

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor penelitian yaitu jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi (P). Pelarut yang digunakan yaitu etanol, etil asetat dan n-heksana. Ekstraksi pelarut dilakukan secara bertingkat. Adapun perlakuannya adalah sebagai berikut:

P1: Ekstraksi sampel dengan pelarut n-heksan

P2: Ekstraksi sampel hasil filtrasi P1 dengan pelarut etil asetat

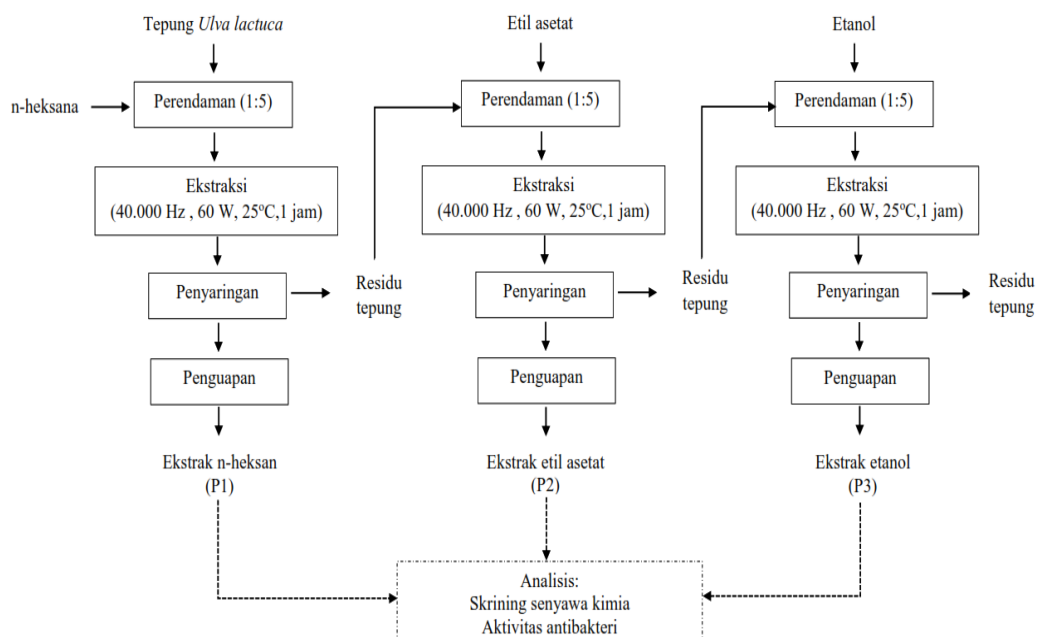
P3: Ekstraksi sampel hasil filtrasi P2 dengan pelarut etanol

Perlakuan diulang sebanyak dua kali ulangan dengan dua ulangan analisis sehingga diperoleh empat data untuk masing-masing perlakuan.

### Prosedur Penelitian

Sampel *Ulva lactuca* segar dibersihkan dan dibilas dengan air tawar yang mengalir untuk menghilangkan pasir dan kandungan garam yang masih menempel. Selanjutnya sampel dipotong menjadi ukuran lebih kecil dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 3 jam menggunakan *food dehydrator*. Setelah *Ulva lactuca* kering, sampel dihaluskan menggunakan *blender* dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh sampel *Ulva lactuca* berbentuk tepung.

Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode ekstraksi sonikasi (Rashad *et al.*, 2021). Ekstraksi bertingkat dilakukan dengan menggunakan 3 jenis yaitu pelarut n-heksan, etil asetat, dan etanol. Sampel bubuk *Ulva lactuca* dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan pelarut n-heksan sampai sampel terendam dan ditutup dengan aluminium foil. Rasio sampel dengan pelarut sebesar 1:5. Sampel diekstraksi menggunakan *waterbath sonicator* dengan frekuensi ultrasonik 40.000 Hz dan daya ultrasonik 60 W. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 25°C selama 1 jam. Sampel disaring sehingga filtrat dan residunya terpisah. Selanjutnya residu direndam kembali ke dalam pelarut etil asetat menggunakan *waterbath sonicator* dengan dengan frekuensi ultrasonik 40.000 Hz dan daya ultrasonik 60 W pada suhu 25°C selama 1 jam. Campuran disaring sehingga diperoleh filtrate dan residu. Proses yang sama diulang kembali menggunakan pelarut etanol. Filtrat dievaporasi dengan rotary evaporator pada suhu 40°C. Diagram alir proses ekstraksi *Ulva lactuca* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses ekstraksi *Ulva lactuca*

### **Analisis proksimat**

Analisis proksimat dilakukan pada bahan segar dan tepung *Ulva lactuca*. Analisis proksimat meliputi analisis kadar air, abu, protein, dan lemak yang mengacu pada metode standar *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2025). Kadar karbohidrat ditentukan dengan metode *by difference*.

### **Analisis fitokimia**

Senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam ekstrak etanol, etil asetat dan n-heksana ditentukan secara kualitatif untuk mengetahui golongan metabolit sekunder yang berpotensi mempunyai aktivitas biologis. Skrining senyawa metabolit sekunder meliputi senyawa golongan alkaloid, flavonoid, tannin, terpenoid, fenolik, dan saponin (Potti *et al.*, 2022; Prasetyo *et al.*, 2023 )

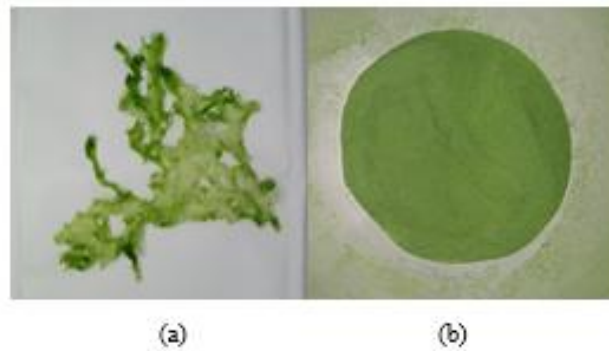
### **Uji Aktivitas Antibakteri**

Pengujian aktivitas antibakteri mengacu pada metode Alouw *et al.* (2022) dan Potti *et al.* (2022) menggunakan metode difusi agar dengan sumuran dengan cara media NA steril yang telah dituang pada cawan petri steril diolesi dengan bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri gram negatif (*Escherichia coli*) dengan konsentrasi  $1 \times 10^3$  sebanyak 100  $\mu$ l menggunakan drigalski. Pada media tersebut dibuat lubang sumuran menggunakan alat *cork borer* dengan diameter lubang 6 mm. Selanjutnya dimasukkan ekstrak *Ulva lactuca* dan kontrol dengan konsentrasi 25% ke dalam sumur tersebut sebanyak 50  $\mu$ l ke masing-masing sumur. Cawan petri yang sudah terisi dengan sampel dan kontrol dimasukkan ke dalam inkubator untuk diinokulasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Setelah proses inkubasi selesai diukur diameter zona hambat aktivitas antibakteri dengan menggunakan penggaris dengan satuan mm. Pada pengujian ini, antibiotik kloramfenikol digunakan sebagai kontrol positif.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) pada aplikasi *Statistical Package for the Social sciences* (SPSS). Data yang digunakan dalam analisis tersebut adalah rata-rata dari ulangan. Jika analisis yang didapatkan signifikan maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) atau tukey dengan taraf nyata 5%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Ulva lactuca* atau selada laut merupakan salah satu jenis rumput laut yang kaya akan zat gizi. Kandungan zat gizi *Ulva lactuca* bervariasi yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu air laut, pH air laut dan salinitas cahaya. Zat gizi yang terkandung pada *Ulva lactuca* juga dipengaruhi oleh penanganan pascapanen. Penelitian ini menggunakan sampel *Ulva lactuca* yang tumbuh di perairan Teluk Ekas, Lombok Timur (Gambar 2a). *Ulva lactuca* mengalami serangkaian proses pengeringan agar simplisia tahan lama dalam penyimpanan (Gambar 2b).



**Gambar 2.** *Ulva Lactuca* segar dan tepung *Ulva Lactuca*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan *Ulva lactuca* dari bentuk segar menjadi bentuk kering (tepung) menyebabkan perubahan komposisi proksimat, khususnya penurunan kadar air dan peningkatan relatif kandungan karbohidrat, protein, serta abu (Tabel 1). Penurunan kadar air selama proses pengeringan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi komponen padatan lainnya. Hasil ini sejalan dengan laporan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa proses dehidrasi pada rumput laut dapat meningkatkan stabilitas bahan serta memperkaya kandungan zat gizi per satuan berat kering (Ortiz *et al.*, 2006; Fleurence, 2016).

**Tabel 1.** Kandungan proksimat pada *Ulva lactuca* segar dan *Ulva lactuca* kering

Parameter uji	<i>Ulva lactuca</i> Segar (%wb)	<i>Ulva Lactuca</i> kering (%db)
Karbohidrat <i>by different</i>	9,57 ± 0,474	62,36 ± 2,461
Protein	0,86 ± 0,092	5,34 ± 0,870
Lemak	2,55 ± 0,141	2,22 ± 0,544
Air	82,21 ± 0,467	10,57 ± 1,761
Abu	4,81 ± 0,240	19,53 ± 0,375

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan komponen karbohidrat, protein, dan abu dari bahan segar menjadi kering mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pengeringan kandungan air berkurang drastis sehingga proporsi komponen zat gizi terhadap berat total bahan meningkat secara signifikan. Hal ini bukan disebabkan oleh bertambahnya zat gizi, melainkan disebabkan karena pada saat proses pengeringan kandungan air berkurang drastis sehingga komponen padatan terlarut menjadi lebih terkonsentrasi. Penurunan kadar lemak diduga terjadi akibat oksidasi lipid selama proses pengeringan. Temuan ini sejalan dengan laporan Tiencheu *et al.* (2021) yang menyebutkan bahwa kandungan lipid pada rumput laut dapat berkurang selama pengeringan karena terjadinya reaksi oksidasi pada komponen lemak.

Kandungan karbohidrat *Ulva Lactuca* kering pada penelitian ini hampir sama dengan hasil penelitian *Ulva Lactuca* dari perairan Pantai Kukup Gunung Kidul yaitu berkisar 62,93% (Da Costa *et al.*, 2018). Pengeringan dengan suhu rendah juga mampu meminimalkan degradasi protein sehingga kandungan asam aminonya tetap terjaga. Kandungan protein kering yang didapatkan hampir sama dengan hasil penelitian Krisye dan Hasanudin (2016) yaitu sebesar 5,26%. Selama proses pengeringan terjadinya reaksi oksidasi sehingga sebagian asam lemak rusak. Kandungan *Ulva lactuca* kering tersebut lebih rendah dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan yaitu 2,86% dan 5,17% (Da Costa *et al.*, 2018; Krisye dan Hasanudin, 2016). Tingginya kadar abu pada *Ulva Lactuca* kering menandakan kandungan mineral yang melimpah, yang merupakan karakteristik umum alga hijau. Hal ini menandakan bahwa proses pengeringan efektif dalam mengkonsentrasikan zat gizi makro maupun mikro, sehingga tepung *Ulva lactuca* sangat berpotensi sebagai bahan pangan fungsional.

Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan simplisia kering yang telah diperkecil ukurannya. Hal ini mampu meningkatkan rendemen hasil dan kandungan senyawa aktif dalam ekstrak karena sampel dengan kadar air yang rendah akan memaksimalkan kerja pelarut untuk mengekstrak senyawa kimia yang terkandung dalam sampel. Pada penelitian ini sampel diekstraksi menggunakan 3 pelarut yaitu n-heksana, etil asetat dan etanol yang memiliki sifat kepolaran yang berbeda-beda. Penggunaan teknik UAE dalam penelitian ini berkontribusi penting terhadap efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif dari *Ulva lactuca*. Secara umum prinsip kerja dari UAE yaitu bekerja melalui fenomena kavitasi akustik yang menghasilkan gelembung mikro dalam pelarut. Ketika gelembung tersebut pecah maka akan terjadi tekanan dan suhu lokal yang tinggi sehingga dinding sel biomassa menjadi rusak dan mempermudah pelepasan senyawa intraseluler ke dalam pelarut. Hal ini menyebabkan peningkatan difusi massa serta efisiensi ekstraksi dibandingkan metode konvensional seperti maserasi. Keberadaan senyawa metabolit sekunder pada masing-masing ekstrak ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Golongan metabolit sekunder pada ekstrak *Ulva lactuca***

Senyawa	Ekstrak <i>Ulva lactuca</i>		
	n-heksana (P1)	Etil Asetat (P2)	Etanol (P3)
Alkaloid	+	+	-
Saponin	-	-	-
Tanin	-	-	-
Terpenoid	-	+	+
Flavonoid	-	+	+
Fenol	-	-	+

Ket.: (+) = Sampel mengandung senyawa tersebut  
(-) = Sampel tidak mengandung senyawa tersebut

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa jenis pelarut berpengaruh terhadap profil metabolit sekunder yang terekstrak. Senyawa alkaloid adalah kelompok senyawa metabolit sekunder terbesar yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen dalam cincin heterosiklik. Pada jaringan tumbuhan, senyawa alkaloid dapat ditemukan dalam bentuk basa bebas, garam, dan *glycoalaloid* (berikatan dengan rantai gula/karbohidrat). Bentuk senyawa alkaloid akan memengaruhi kelarutannya (Renda *et al.*, 2023). Keberadaan alkaloid pada fraksi n-heksana mengindikasikan bahwa alkaloid yang terkandung dalam *Ulva lactuca* pada sampel ini berada dalam bentuk basa bebas (*free base*). Menurut Harborne (1998), alkaloid dalam bentuk basa bebas bersifat lipofilik sehingga memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut non-polar. Selain itu, berbeda dengan alkaloid yang bersumber dari tumbuhan darat, alkaloid bersumber dari bahan laut seringkali memiliki struktur yang mengalami halogenasi (penambahan atom halogen seperti Brom atau Klor) yang menyebabkan sifat kepolarannya menurun. Gribble (1998) dan Hu *et al.* (2011) menyatakan proses halogenasi serta rendahnya jumlah atom oksigen pada kerangka molekul senyawa laut secara signifikan akan meningkatkan sifat hidrofobisitas atau lipofisitasnya.

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang memiliki gugus hidroksil (-OH), sehingga bersifat polar hingga semi-polar dan tidak larut dalam pelarut non-polar seperti n-heksana. Efektivitas etil asetat (P2) dalam mengekstraksi flavonoid secara optimal berkaitan dengan konstanta dielektriknya yang berada pada rentang semi-polar. Etil asetat sangat efektif dalam menarik flavonoid dalam bentuk aglikon (tanpa ikatan gula). Menurut penelitian oleh Tiwari *et al.* (2011), etil asetat merupakan pelarut yang sangat selektif untuk mengisolasi flavonoid dan terpenoid karena kemampuannya membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil pada senyawa tersebut tanpa menarik pengotor polar yang terlalu kompleks seperti protein atau polisakarida. Di sisi lain, kehadiran flavonoid pada ekstrak etanol (P3) menunjukkan adanya flavonoid jenis glikosida yang memiliki tingkat kepolaran lebih tinggi karena berikatan dengan gugus gula. Hal ini didukung oleh Altemimi *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa pelarut polar seperti etanol cenderung menarik berbagai jenis senyawa fenolik dan flavonoid dengan rentang polaritas yang luas, namun etil asetat seringkali memberikan kemurnian yang lebih baik untuk fraksi flavonoid tertentu.

Senyawa golongan fenol hanya terdeteksi pada ekstrak etanol (P3). Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa fenolik yang terkandung dalam *Ulva lactuca* memiliki tingkat kepolaran yang tinggi. Menurut Xu and Chang (2007), pelarut alkoholik seperti etanol dan metanol merupakan pelarut yang paling efisien untuk mengekstraksi komponen fenolik karena kemampuannya dalam menurunkan energi aktivasi pelarutan melalui pembentukan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dari pelarut dengan senyawa fenolik. Tidak terdeteksinya fenol pada ekstrak etil asetat (P2) menunjukkan bahwa sebagian besar fenolik pada sampel ini

kemungkinan besar berada dalam bentuk glikosida atau polifenol kompleks yang memerlukan daya larut lebih tinggi daripada yang dimiliki oleh pelarut semi-polar.

Senyawa saponin dan tannin tidak terkandung pada *Ulva lactuca* baik pada ekstrak n-heksana, etil asetat maupun etanol. Hal ini diduga bahwa pada sampel *Ulva lactuca* tidak terdapat kandungan tanin dan saponin, atau dapat juga disebabkan oleh konsentrasi tanin dan saponin pada sampel uji terlalu rendah sehingga tidak dapat bereaksi dengan pereaksi. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Windyaswari *et al.* (2019) dan Arsianti *et al.* (2016) yang melakukan pengujian pada ekstrak etil asetat *Ulva lactuca*. Pengujian fitokimia oleh Widyaningsih *et al.* (2016) terhadap *Ulva lactuca* dengan kromatografi garis tipis menunjukkan sampel negatif saponin. Keberadaan tannin juga tidak ditemukan pada ekstrak etanol 70% *Ulva lactuca* (Rompas dan Gasah, 2022).

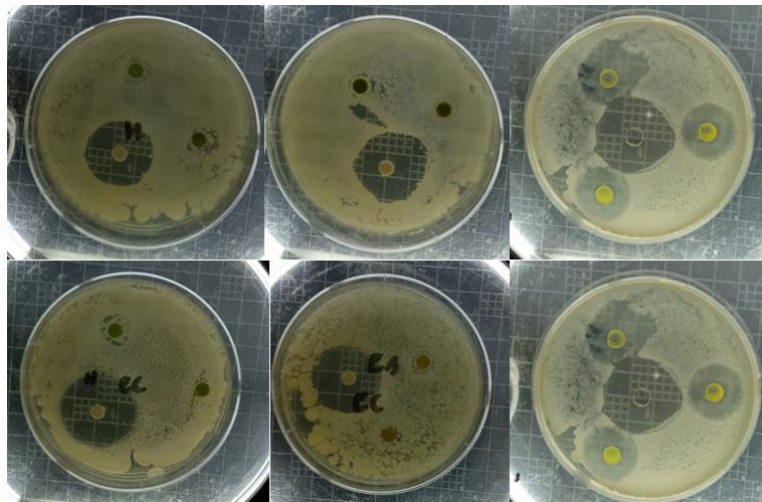
Berdasarkan hasil skrining fitokimia menunjukkan penggunaan tiga jenis pelarut dengan pendekatan ekstraksi bertingkat dalam penelitian ini terbukti efektif dalam mengisolasi senyawa metabolit sekunder. Pada ekstraksi bertingkat, pemisahan dilakukan secara berurutan berdasarkan polaritas pelarut, sehingga senyawa dengan polaritas berbeda dapat terfraksinasi secara lebih selektif. Pelarut non-polar seperti n-heksana akan terlebih dahulu melarutkan senyawa lipofilik, diikuti oleh pelarut semi-polar seperti etil asetat yang mengekstrak senyawa dengan polaritas menengah (sebagian terpenoid, flavonoid, dan alkaloid), serta pelarut polar seperti etanol yang mengekstrak senyawa polar (sebagian terpenoid, flavonoid dan fenolik). Pendekatan ini memungkinkan pemisahan yang lebih baik serta mengurangi kompetisi antar senyawa selama proses ekstraksi.

Hal ini sejalan dengan prinsip dasar ekstraksi fitokimia yang dikemukakan oleh Harborne (1998), yang menyatakan bahwa fraksinasi berdasarkan polaritas merupakan pendekatan penting untuk memperoleh kelompok senyawa yang lebih spesifik. Penelitian oleh Do *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa ekstraksi bertingkat menggunakan pelarut dengan polaritas berbeda menghasilkan fraksi dengan kandungan fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi serta aktivitas antioksidan yang lebih baik dibandingkan ekstraksi tunggal. Selain itu, studi oleh Sasidharan *et al.* (2011) melaporkan bahwa metode ekstraksi bertingkat mampu meningkatkan selektivitas isolasi metabolit sekunder dan mempermudah analisis lebih lanjut, dibandingkan ekstraksi langsung yang menghasilkan ekstrak kompleks. Pada ekstraksi tunggal memungkinkan senyawa dengan berbagai tingkat polaritas akan terekstrak secara bersamaan dalam satu fase. Interaksi antar senyawa dalam ekstrak campuran dapat menyebabkan efek antagonistik yang menurunkan efektivitas bioaktivitas, termasuk aktivitas antibakteri.

Antibakteri adalah zat atau senyawa yang mempunyai kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri (bakteriostatik) atau membunuh bakteri (bakterisidal). Senyawa tersebut dapat berasal dari bahan alami, seperti metabolit sekunder tumbuhan, yaitu alkaloid, saponin, tanin, terpenoid, flavonoid dan fenol, maupun dari bahan sintesis yang diproduksi sebagai obat. Mekanisme kerja

antibakteri sangat beragam, diantaranya adalah melalui metode merusak membran sel, menghambat sintesis protein, mengganggu replikasi DNA, hingga menghambat metabolisme sel bakteri. Efektivitas suatu senyawa antibakteri dipengaruhi oleh konsentrasi, jenis bakteri (gram positif atau gram negatif), serta sifat kimia senyawa tersebut.

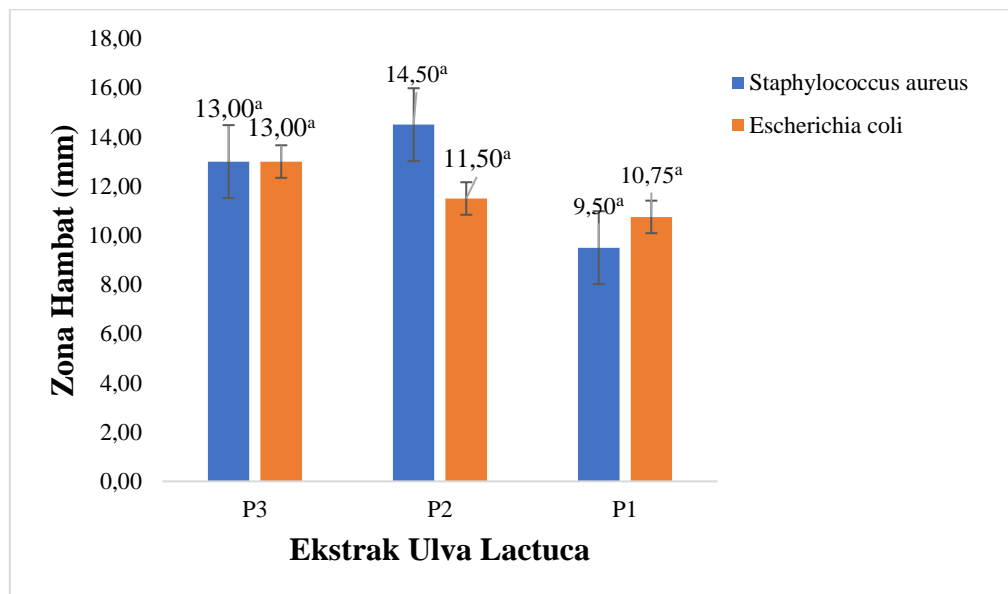
Pengujian aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dari ekstrak *Ulva lactuca* konsentrasi 25% dilakukan dengan mengukur diameter zona bening/hambat di sekitar lubang sumuran (Gambar 3). Semakin luas zona bening maka semakin kuat bahan tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Menurut Davis dan Stout (1971), daya hambat tergolong kuat apabila diameter zona bening 10 - 20 mm, tergolong sedang apabila diameter zona bening 5 - 10 mm dan tergolong lemah apabila diameter zona bening < 5 mm.



**Gambar 3. Zona hambat yang terbentuk oleh ekstrak *Ulva lactuca***

Besarnya zona hambat untuk setiap ekstrak ditampilkan pada Gambar 4. Hasil pengujian antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat memiliki zona hambat tertinggi yaitu sebesar 14,5 mm kemudian diikuti dengan ekstrak etanol (13 mm) dan n-heksana (9,5 mm). Sedangkan hasil pengujian antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* menunjukkan ekstrak etanol mempunyai zona hambat tertinggi yaitu sebesar 13 mm kemudian diikuti oleh ekstrak etil asetat (11,5 mm) dan n-heksana (10,75 mm). Aktivitas yang lebih tinggi pada ekstrak etil asetat dan etanol diduga berkaitan dengan keberadaan kombinasi senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid dan fenol yang diketahui memiliki mekanisme antibakteri melalui kerusakan membran sel, denaturasi protein, serta gangguan sistem enzimatik mikroba (Cowan, 1999; Daglia, 2012). Mekanisme kerja metabolit sekunder dalam menghambat pertumbuhan bakteri berbeda-beda. Flavonoid dapat berinteraksi dengan membran lipid bakteri sehingga meningkatkan permeabilitas sel dan menyebabkan kebocoran komponen intraseluler. Interaksi antara terpenoid dan porin mengakibatkan kerusakan porin yang menyebabkan permeabilitas dinding sel bakteri berkurang sehingga sel bakteri

menjadi kekurangan nutrisi. Keberadaan senyawa fenol berperan dalam denaturasi protein sel. Alkaloid bekerja dengan menghambat pembentukan peptidoglikan pada dinding sel bakteri sehingga tidak bisa terbentuk secara sempurna dan menyebabkan kematian sel (Sampulawa dan Nirmala, 2021).



**Gambar 4. Aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* dari ekstrak *Ulva lactuca***

Berdasarkan Gambar 4, ketiga ekstrak *Ulva lactuca* menunjukkan kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Secara numerik, rata-rata diameter zona hambat tertinggi terhadap bakteri *S. aureus* ditemukan pada ekstrak etil asetat (P2) sebesar 14,50 mm, sedangkan terhadap bakteri *E. coli* ditemukan pada ekstrak etanol (P3) sebesar 13,00 mm. Namun, secara statistik tidak terdapat perbedaan nyata ( $P > 0,05$ ) antar ketiga jenis ekstrak tersebut terhadap luas zona hambat kedua bakteri uji. Berdasarkan kriteria daya hambat, nilai tersebut dikategorikan sebagai daya hambat yang kuat (rentang 10–20 mm). Hal ini menandakan bahwa senyawa bioaktif dalam *Ulva lactuca* mampu membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan terlarut sehingga merusak membran sel bakteri.

Kemampuan ini berkaitan dengan adanya efek sinergis dari senyawa bioaktif yang terkandung dalam *Ulva lactuca*. Senyawa flavonoid dan terpenoid bersifat lipofilik atau amfifilik, sehingga dapat berinteraksi dengan lapisan lipid pada membran luar bakteri gram negatif. Interaksi ini menyebabkan peningkatan permeabilitas membran, kerusakan struktur lipid, serta kebocoran komponen intraseluler. Mekanisme ini diperkuat oleh laporan Ardita *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa ekstrak *Ulva lactuca* mengandung berbagai senyawa aktif seperti flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid yang berperan sebagai agen antibakteri melalui mekanisme kerusakan membran dan penghambatan pertumbuhan.

Menurut Cushnie *et al.* (2014), kombinasi alkaloid dengan senyawa fenolik atau flavonoid seringkali meningkatkan efektivitas antibakteri melalui mekanisme multi-target, di mana satu senyawa merusak dinding sel sementara senyawa lainnya (seperti alkaloid) masuk ke dalam sitoplasma untuk mengganggu sintesis protein atau asam nukleat. Sementara itu, senyawa fenolik bekerja dengan cara mendenaturasi protein seluler dan menginaktivasi enzim-enzim penting pada membran sel.

Adanya aktivitas antibakteri yang cukup tinggi, khususnya pada ekstrak etil asetat dan etanol, diduga tidak terlepas dari efektivitas UAE dalam mengekstraksi senyawa aktif seperti flavonoid dan terpenoid secara lebih optimal. Studi terbaru melaporkan bahwa UAE mampu meningkatkan yield senyawa bioaktif secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Penelitian oleh Menchaca-Martínez *et al.* (2025) menunjukkan bahwa UAE menghasilkan kandungan karotenoid dari *Ulva lactuca* yang lebih tinggi dibandingkan maserasi, dengan peningkatan efisiensi ekstraksi yang nyata tergantung pada jenis pelarut yang digunakan. Selain itu, studi optimasi oleh Cameselle *et al.* (2025) menyatakan bahwa UAE mampu mengekstrak senyawa fenolik dan polisakarida (ulvan) dari *Ulva spp.* dengan yield yang tinggi serta mempertahankan aktivitas antioksidannya. Penelitian lain juga melaporkan bahwa penggunaan UAE dapat meningkatkan hasil ekstraksi polisakarida bioaktif dari *Ulva lactuca* secara signifikan, sehingga meningkatkan potensi aplikasinya dalam bidang pangan dan farmasi (Wang *et al.*, 2024).

Secara umum, UAE tidak hanya mampu meningkatkan yield ekstraksi dan mengurangi penggunaan pelarut tetapi juga mampu meningkatkan selektivitas ekstraksi senyawa target (Dhayalan dan Phanumartwivath, 2025). Hal ini menjadikan UAE sebagai metode yang tidak hanya efisien tetapi juga lebih ramah lingkungan (*green extraction technology*). Dalam penelitian ini, efektivitas UAE berkontribusi pada keberhasilan ekstraksi senyawa bioaktif yang berperan dalam aktivitas antibakteri yang diamati.

Selain itu, efektivitas ekstraksi bertingkat terlihat dari perbedaan profil metabolit sekunder antar pelarut. Keragaman senyawa metabolit sekunder di masing-masing pelarut sangat berperan dalam aktivitas antibakteri dihasilkan. Oleh sebab itu, penggunaan ekstraksi bertingkat tidak hanya meningkatkan efisiensi pemisahan senyawa bioaktif, tetapi juga memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara jenis pelarut, kandungan metabolit, dan aktivitas biologis yang dihasilkan. Dengan demikian, kombinasi antara pemilihan pelarut yang tepat, teknik ekstraksi, dan penerapan teknologi UAE terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam mengekstraksi senyawa bioaktif dari *Ulva lactuca*. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses, tetapi juga memperkuat potensi pemanfaatan *Ulva lactuca* sebagai sumber agen antibakteri alami yang berkelanjutan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, *Ulva lactuca* yang berasal dari perairan Lombok terbukti mengandung senyawa metabolit sekunder utama berupa alkaloid, flavonoid, terpenoid dan fenol yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri. Pendekatan ekstraksi bertingkat menggunakan pelarut dengan perbedaan polaritas menunjukkan peran penting dalam menentukan profil senyawa yang terekstrak. Penerapan teknik UAE terbukti meningkatkan efisiensi proses ekstraksi melalui mekanisme kavitasi yang mempercepat pelepasan senyawa aktif dari matriks sel. Ekstrak *Ulva lactuca* yang dihasilkan menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri gram positif dan gram negatif. Kombinasi ekstraksi bertingkat dan teknologi UAE merupakan strategi yang efektif dalam mengisolasi senyawa bioaktif dari *Ulva lactuca*, serta memperkuat potensinya sebagai sumber agen antibakteri alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bidang pangan fungsional dan aplikasi farmasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Mataram (LPPM Unram) yang telah memberikan dukungan pendanaan terhadap penelitian ini melalui sumber dana DIPA BLU Skema Penelitian Dosen Pemula (2350 /UN18.L1 /PP /2025).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abou El Azm, N., Fleita, D., Rifaat, D., Mpingirika, E.Z., Amleh, A., El-Sayed, M.M. (2019). Production of bioactive compounds from the sulfated polysaccharides extracts of *Ulva Lactuca*: post-extraction enzymatic hydrolysis followed by ion-exchange chromatographic fractionation. *Molecules* 24 (11), 2132. <https://doi.org/10.3390/molecules24112132>
- Alouw, G., Fatimawali, F., & Lebang, J. S. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan Metode Difusi Sumuran. *Jurnal Farmasi Medica (Pharmacy Medical Journal)*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.35799/pmj.v5i1.41430>
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G., & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, 6(4), 42. Anjali, K., Sangeetha, B., Devi, G., Raghunathan, R., Dutta, S., 2019. Bioprospecting of seaweeds (*Ulva Lactuca* and *Stoechospermum marginatum*): the compound characterization and functional applications in medicine-a comparative study. *J. Photochem. Photobiol. B* 200, 111622. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.111622>
- Ardita, N., Sari, D. P., & Rahmawati, I. (2021). Antibacterial activity of *Ulva lactuca* extract against pathogenic bacteria. *Journal of Applied Phycology*, 33(4), 2451–2460. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1116-1123>

- Arsianti, A. D. E., Wibisono, L. K., Azizah, N. N. U. R., Putrianingsih, R., Murniasih, T., Rasyid, A., & Pangestuti, R. (2016). Phytochemical Composition And Anticancer Activity Of Seaweeds *Ulva Lactuca* And *Eucheuma Cottonii* Against Breast Mcf-7 And Colon Hct-116 Cells. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Reaserch*, 9(6), 115–119. <https://journals.innovareacademics.in/index.php/ajpcr/article/view/13798>
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis : AOAC Arlington.
- Benítez García, I., Dueñas Ledezma, A.K., Martínez Montaño, E., Salazar Leyva, J.A., Carrera, E., Osuna Ruiz, I. (2020). Identification and quantification of plant growth regulators and antioxidant compounds in aqueous extracts of *Padina durvillaei* and *Ulva Lactuca*. *Agronomy* 10 (6), 866. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060866>
- Cameselle, C., Maietta, I., Torres, M. D., Simón-Vázquez, R., & Domínguez, H. (2025). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of bioactive compounds and biopolymers from *Ulva* spp. using response surface methodology. *Journal of Applied Phycology*, 37(3), 2031-2050.
- Cokrowati, N., Risjani, Y., Andayani, S., & Firdaus, M. (2023). The Potential and Development of Seaweed Cultivation in Lombok: A Review. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 202–212. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4654>
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>
- Cushnie, T. T., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: An overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International journal of antimicrobial agents*, 44(5), 377-386. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001>
- Da Costa, J. F., Merdekawati, W., & Otu, F. R. (2018). Analisis proksimat, aktivitas antioksidan, dan komposisi pigmen *Ulva lactuca* L. dari perairan Pantai Kukup. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi (Journal of Food Technology and Nutrition)*, 17(1), 1-17. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v17i1.1697>
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
- Davis, W. W. dan T. R. Stout. (1971). Disc plate methods of microbiological antibiotic assay. *Microbiology* 22: 659-665.
- Dhayalan, M., & Phanumartwiwath, A. (2025). Ultrasound-Assisted Extraction of proteins and polysaccharides from seaweed: A comprehensive review of optimization strategies, comparative analysis and future perspectives. *Algal research*, 90, 104136. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2025.104136>
- Fleurence, J. (2016). Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology*, 28(2), 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.07.004>

- Gribble, G. W. (1998). Naturally occurring organohalogen compounds. *Accounts of Chemical Research*, 31(3), 141.
- Harborne, A. J. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. Springer science & business media.
- Hidayat, A., & Safitri, P. (2019). Pengembangan komoditas rumput laut Nusa Tenggara Barat dengan model hexagon untuk pembangunan ekonomi lokal. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 9(1), 45-56. <http://dx.doi.org/10.15578/jksekp.v9i1.7359>
- Hidayati, J. R., Yudiati, E., Pringgenies, D., Oktavianti, D. T., & Kusuma, A. P. (2020). Comparative study on antioxidant activities, total phenolic compound and pigment contents of tropical *Spirulina platensis*, *Gracilaria arcuata* and *Ulva lactuca* extracted in different solvents polarity. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 147, p. 03012). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014703012>
- Hu, G. P., Yuan, J., Sun, L., She, Z. G., Wu, J. H., Lan, X. J., ... & Chen, S. P. (2011). Statistical research on marine natural products based on data obtained between 1985 and 2008. *Marine Drugs*, 9(4), 514-525. <https://doi.org/10.3390/md9040514>
- Kraan, S. (2013). Pigments and minor compounds in algae. *Functional Ingredients from Algae For Foods and Nutraceuticals*. Elsevier, pp. 205–251. <https://doi.org/10.1533/9780857098689.1.205>
- Krisye, M. K., & Hasanudin, U. (2016). Biodegradasi Anaerobik Makroalga *Ulva sp.* untuk Menghasilkan Biogas dengan Metode Batch. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 1(1), 57-65. <https://doi.org/10.14203/oldi.2016.v1i1.48>
- Lomartire, S., Marques, J.C., Gonçalves, A.M. (2021). An overview of the health benefits of seaweed consumption. *Mar. Drugs* 19 (6), 341. <https://doi.org/10.3390/md19060341>
- M´armol, I., Quero, J., Ibarz, R., Ferreira-Santos, P., Teixeira, J.A., Rocha, C.M., Martín- Belloso, O. (2021). Valorization of agro-food by-products and their potential therapeutic applications. *Food Bioprod. Process.* 128, 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.06.003>
- Menchaca-Martínez, D. E., Morón-Ortiz, Á., Mapelli-Brahm, P., Mussagy, C. U., Romero, A., & Meléndez-Martínez, A. J. (2025). Sustainable Ultrasound-Assisted Extraction of carotenoids from the seaweed *Ulva lactuca*: Performance of the green biosolvents 2-Methyltetrahydrofuran (2-methyl oxolane) and ethyl lactate and optimization using response surface methodology. *Food Chemistry*, 147644. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.147644>

- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., & Ríos, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*, 99(1), 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.027>
- Pappou, S., Dardavila, M.M., Savvidou, M.G., Louli, V., Magoulas, K., Voutsas, E. (2022). Extraction of bioactive compounds from *Ulva Lactuca*. *Appl. Sci.* 12 (4), 2117. <https://doi.org/10.3390/app12042117>
- Potti, L., Niwele, A., & Soulisa, A. M. (2022). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit buah pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi sumuran. *Jurnal Rumpun Ilmu Kesehatan*, 2(1), 109–121. <https://doi.org/10.55606/jrik.v2i1.1438>
- Prasetiyo, H., Sasongko, A. S., Fahira, D. D., & Ayuningsih, T. (2023). Skrining fitokimia dan uji aktivitas antioksidan secara kualitatif pada ekstrak rumput laut *Eucheumma cottonii*. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 4(1), 30–42. <https://doi.org/10.17509/ijom.v4i1.60288>
- Putra, N. R., Fajriah, S., Qomariyah, L., Dewi, A. S., Rizkiyah, D. N., Irianto, I., Rusmin, D., Melati, M., Trisnawati, N. W., Darwati, I., & Arya, N. N. (2024). Exploring the potential of *Ulva Lactuca*: Emerging extraction methods, bioactive compounds, and health applications. *South African Journal of Chemical Engineering*, 47(December 2023), 233–245. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.11.017>
- Putra, N.R., Rizkiyah, D.N., Abdul Aziz, A.H., Che Yunus, M.A., Veza, I., Harny, I., Tirta, A. (2023). Waste to wealth of apple pomace valorization by past and current extraction processes: a review. *Sustainability* 15 (1), 830. <https://doi.org/10.3390/su15010830>
- Rashad, S., El-Chaghaby, G., Lima, E.C., Simoes dos Reis, G. (2021). Optimizing the ultrasonic-assisted extraction of antioxidants from *Ulva Lactuca* algal biomass using factorial design. *Biomass Convers. Biorefinery* 1–10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-021-01516-8>
- Renda, Y. K., Pote, L. L., & Nadut, A. (2023). Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari kulit batang tumbuhan halay (*Alstonia spectabilis* R. Br) asal Desa Wee Rame Kabupaten Sumba Barat Daya. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 6(1), 44-50. <https://doi.org/10.24246/juses.v6i1p44-50>
- Rompas, I. F. X., & Gasah, O. (2022). Efektifitas Ekstrak Rumput Laut Hijau (*Ulva Lactuca*) Terhadap Aktivitas Antioksidan Sebagai Sumber Pangan Berkelanjutan. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(3), 172–189. <https://doi.org/10.32938/jbe.v7i3.1917>
- Saini, R.K., Keum, Y.S. (2018.) Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: dietary sources, metabolism, and significance—a review. *Life Sci.* 203, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.049>

- Sampulawa, S., & Nirmala, W. (2021). Potensi Antibakteri Ekstrak Alga Hijau Halimeda makroloba decaisne dari Perairan Desa Hutumuri Kota Ambon. *Jurnal Sain Veteriner*, 39(2), 138. <https://doi.org/10.22146/jsv.59980>
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i1.60483>
- Sujina M. G., Soumya J. D., & Manjusha, W. A. (2016). Assessing the anticancer, anti-inflammatory, antimicrobial and antioxidant potential of bioactive compounds present in marine algae *Ulva lactuca*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 5(4), 1482–1500. <https://doi.org/10.20959/wjpr20164-5992>
- Tiencheu, B., Claudia Egbe, A., Achidi, A. U., Ngongang, E. F. T., Tenyang, N., Tonfack Djikeng, F., & Tatsinkou Fossi, B. (2021). Effect of oven and sun drying on the chemical properties, lipid profile of soursop (*Annona muricata*) seed oil, and the functional properties of the defatted flour. *Food Science and Nutrition*, 9(8), 4156–4168. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2380>
- Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: a review. *Internationale pharmaceutica sciencia*, 1(1), 98-106.
- Wang, W., Li, J., Lu, F., & Liu, F. (2024). Ultrasound-assisted multi-enzyme extraction for highly efficient extraction of polysaccharides from *Ulva lactuca*. *Foods*, 13(6), 891. <https://doi.org/10.3390/foods13060891>
- Widyaningsih, W., Pramono, S., & Widyarini, S. (2016). *Phytochemical Screening Of Ethanolic Extract From Ulva Lactuca L. With Thin Layer Chromatography*. 13(2), 199–211. <https://doi.org/10.12928/mf.v13i2.7772>
- Windyaswari, A. S., Elfahmi, E., Faramayuda, F., Riyanti, S., Luthfi, O. M., Ayu, I. P., Pratiwi, N. T. M., Husna, K. H. N., & Magfirah, R. (2019). Profil fitokimia selada laut (*Ulva lactuca*) dan mikro alga filamen (*Spirogyra* sp) sebagai bahan alam bahari potensial dari perairan Indonesia. *Kartika : Jurnal Ilmiah Farmasi*, 7(2), 88–101. <https://doi.org/10.26874/kjif.v7i2.288>
- Xu, B. J., & Chang, S. K. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of food science*, 72(2), S159-S166. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x>
- Yu-Qing, T., Mahmood, K., Shehzadi, R., Ashraf, M.F., 2016. *Ulva Lactuca* and its polysaccharides: food and biomedical aspects. *J. Biol. Agric. Healthc.* 6 (1), 140–151. <https://iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/28143/28889>
- Yusoff, I.M., Taher, Z.M., Rahmat, Z., Chua, L.S. (2022). A review of Ultrasound-Assisted Extraction for plant bioactive compounds: phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. *Food Res. Int.*, 111268. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>