



Optimasi Ekstraksi Flavonoid dari *Ulva lactuca* dengan Kombinasi *Cell Disruption* dan *Ultrasound-Assisted Hot Water*

(Optimization of Flavonoid Extraction from *Ulva lactuca* Using a Combination of *Cell Disruption* and *Ultrasound-Assisted Hot Water*)

Helda Wika Amini^{a,b}, Muhammad Rizky Kurniawan^a, Nida Ayu Salsabila^a, Boy Arief Fachri^{a,b},
 Zuhriah Mumtazah^{a,b}, Meta Fitri Rizkiana^{a,b}, Istiqomah Rahmawati^{a,b}, Bakti Palupi^{a,b}, Yukti Nurani^{a,b},
 Rekfa Wika Amini^c

^aProgram Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

^bResearch Center for Bio based Chemical Product, Universitas Jember

^cProgram Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember
 Jalan Kalimantan No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, 68121, Indonesia

*Corresponding author: heldawikaamini@unej.ac.id

DOI: [10.20961/alchemy.21.2.98141.284-295](https://doi.org/10.20961/alchemy.21.2.98141.284-295)

Received 13 January 2025; Revised 12 February 2025; Accepted 11 July 2025; Published 30 September 2025

Kata kunci:

cell disruption;
 flavonoid;
 nilai SPF;
U. lactuca;
Ultrasound-Assisted Hot Water.

ABSTRAK. *Ulva lactuca* merupakan biota laut yang berpotensi sebagai sumber bahan aktif kosmetik karena kandungan bioaktifnya seperti flavonoid, alkaloid, saponin, terpenoid, dan tanin. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi flavonoid serta menganalisis nilai *Sun Protection Factor* (SPF) *U. lactuca* menggunakan kombinasi metode *cell disruption* dan *ultrasound-assisted hot water* (UAHW). Tiga metode *perlakuan cell disruption* (tanpa perlakuan, *osmotic shock*, dan hidrotermal dengan autoklaf) dikombinasikan dengan variabel UAHW yaitu suhu ultrasonik (40, 60, 80 °C) dan waktu ultrasonik (5, 10, 15 menit). Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut etanol 96% pada serbuk *U. lactuca* berukuran 60 mesh. Optimasi dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan Box–Behnken Design (BBD). Hasil menunjukkan bahwa total flavonoid dan nilai SPF tertinggi (33,23 mg QE/g dan SPF 20,80) diperoleh tanpa perlakuan *cell disruption*, pada suhu 80 °C dan waktu ekstraksi 10 menit. Penelitian ini menegaskan bahwa metode UAHW efektif meningkatkan ekstraksi flavonoid dan SPF meskipun tanpa *cell disruption*. Selain itu, pendekatan RSM terbukti efisien dalam optimasi proses. Studi ini memberikan kontribusi pada pengembangan bahan aktif alami *U. lactuca* untuk aplikasi kosmetik, khususnya sebagai agen pelindung sinar UV.

Keywords:

cell disruption;
 flavonoids;
 SPF value;
U. lactuca;
 Ultrasound-Assisted
 Hot Water.

ABSTRACT. *Ulva lactuca* is a marine organism with significant potential as a source of active ingredients for cosmetic applications, owing to bioactive compounds such as flavonoids, alkaloids, saponins, terpenoids, and tannins. This study aimed to extract flavonoids and evaluate the *Sun Protection Factor* (SPF) of *U. lactuca* using a combination of *cell disruption* methods and *ultrasound-assisted hot water* (UAHW) extraction. Three *cell disruption* treatments (no treatment, *osmotic shock*, and hydrothermal using an autoclave) were combined with UAHW variables, including ultrasonic temperature (40, 60, 80 °C) and ultrasonic time (5, 10, 15 minutes). The extraction was conducted using 96% ethanol as a solvent on *U. lactuca* powder sieved to 60 mesh. Optimization was performed using *Response Surface Methodology* (RSM) with a Box–Behnken Design (BBD). The highest total flavonoid content (33.23 mg QE/g extract) and SPF value (20.80) were obtained without *cell disruption*, at 80 °C for 10 minutes. The study confirms that UAHW effectively enhances flavonoid extraction and SPF, even without *cell disruption*. Furthermore, the RSM approach proved efficient for process optimization. This study contributes to developing natural active ingredients from *U. lactuca* for cosmetic applications, particularly as UV-protective agents.

PENDAHULUAN

Keanekaragaman biota laut perairan Indonesia adalah kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan. Biota laut tidak hanya digunakan untuk konsumsi, tetapi memiliki kelebihan unik dalam mengandung metabolit sekunder yang dapat diolah menjadi bahan aktif untuk aplikasi medis (Herlina *et al.*, 2021;

Cite this as: Amini, H. W., Kurniawan, M. R., Salsabila, N. A., Fachri, B. A., Mumtazah, Z., Rizkiana, M. F., Rahmawati, I., Palupi, B., Nurani, Y., and Amini, R. W. (2025). Optimasi Ekstraksi Flavonoid dari *Ulva lactuca* dengan Kombinasi *Cell Disruption* dan *Ultrasound-Assisted Hot Water*. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 21(2), 284-295. doi: <http://dx.doi.org/10.20961/alchemy.21.2.98141.284-295>.

Kelutur et al., 2020; Prihapsara et al., 2023) maupun kosmetik (Kalasariya et al., 2023; Pangestuti et al., 2021). Salah satu biota laut yang dapat digunakan sebagai bahan dasar kosmetik adalah *U. lactuca*, yang termasuk dalam golongan *Thallopyta*. *U. lactuca* merupakan jenis makroalga hijau yang tergolong dalam kelompok rumput laut bertalus, karena tidak memiliki struktur morfologi sejati seperti akar, batang, dan daun (Keintjem et al., 2019; Sukrawati et al., 2024). *U. lactuca* tersebar di daerah perairan di Indonesia yaitu salah satunya Pantai Pathek, Situbondo (Subagiyo and Fatichah, 2016). Kandungan senyawa kimia yang terdapat didalam *U. lactuca* ini ada beberapa macam yaitu karbohidrat (60%), protein (10 – 47%), lipid (1 – 3%) dan mineral (7 – 38%) (Dominguez and Loret, 2019). Kandungan senyawa kimia ini dapat dimanfaatkan sebagai aplikasi kosmetik, kimia, farmasi, makanan serta energi (Pappou et al., 2022).



Gambar 1. *U. Lactuca*.

Penelitian dan pengembangan produk – produk *cosmeceutical* yang berbahan dasar dari rumput laut saat ini semakin maju dan mulai berkembang pesat karena penggunaan rumput laut sebagai bahan dasar *cosmeceutical* ini diyakini dapat menjadi industri yang menjanjikan. *Cosmeceutical* merupakan produk kosmetik yang memiliki manfaat untuk melindungi dan merawat penampilan pada tubuh manusia (Rahmadi et al., 2011). Jenis rumput laut yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *U. lactuca*.

Metode ekstraksi terdapat dua macam yaitu ekstraksi modern dan konvensional. Metode ekstraksi modern seperti ultrasonik, dan MAE (Lailah, 2014). Metode ekstraksi konvensional seperti ekstraksi pelarut, ekstraksi soxhlet, ekstraksi decoction, ekstraksi tekanan hidrostatik tinggi, ekstraksi distilasi uap (Wen et al., 2018), dan ekstraksi digestasi (Mutia and Wildan, 2020). Selain jenis ekstraksi yang akan digunakan pemilihan pelarut juga penting karena berpengaruh terhadap hasil akhir ekstraksi.

Beberapa penelitian yang terdahulu mengenai ekstraksi makroalga dengan berbagai metode dan jenis pelarut yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil ekstraksi nilai *Sun Protection Factor* (SPF) ekstrak tanaman dari berbagai sumber.

Bahan	Metode	Jenis pelarut	Kondisi operasi	Nilai SPF	Sumber
<i>Sargassum sp.</i>	Maserasi	Etanol	Waktu : 24 jam Rasio bahan/pelarut: 1:5 (b/v)	33,20	(Dharmawan, et al., 2023)
<i>Ulva Reticulata</i> <i>Forsskal</i>	Maserasi	Etil asetat	Waktu : 72 jam	11,74	(Rahayu et al., 2023)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Sonikasi	Etanol	Waktu : 15 menit Rasio bahan/pelarut : 1:5 (b/v)	6,01	(Ramdani, et al., 2021)
<i>Padina australis</i>	Maserasi	n-heksana	Waktu : 72 jam Rasio bahan/pelarut: 1:5 (b/v)	8,78	(Maharany et al., 2017)
<i>Coccoloba uvifera</i>	Microwave Assisted Extraction (MAE)	Etanol	Waktu : 30 menit Rasio bahan/pelarut: 1:5 (b/v)	5,56	(Arifianti et al., 2020)
<i>Annona muricata</i> L.)	Ultrasonic-assisted extraction (UAE)	Aquadest	Waktu : 15 menit	12,78	(Fadillah, et al., 2022)
<i>Oriza glaberrima</i>	Hidrotermal dengan Autoklaf	Etanol	Waktu : 3 menit Suhu : 121 °C	13,10	(Suherly et al., 2021)

Penelitian kali ini akan menggunakan *U. lactuca* sebagai bahan dasar pembuatan kosmetik. Kandungan senyawa kimia terdapat di dalam dinding sel yang kaku sehingga perlu pembukaan dinding sel (*cell disruption*). Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengambil senyawa flavonoid. *Cell disruption* secara kimia

prosesnya lebih cepat. *Cell disruption* secara enzimatik proses nya lebih lambat dan membutuhkan biaya yang mahal tetapi proses ini ramah lingkungan. Proses enzimatik dilakukan pada kondisi proses yang rendah seperti temperatur dan tekanan yang rendah dan tidak adanya masalah korosi. *Cell disruption* secara mekanik memerlukan energi yang cukup tinggi (Padil *et al.*, 2015). *Cell disruption* kombinasi merupakan gabungan proses antara *cell disruption* secara kimia, mekanik maupun enzimatik.

Penelitian ini menggunakan *cell disruption* kombinasi dengan metode *osmotic shock* dan autoklaf yang belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel ekstraksi, yaitu metode *cell disruption* (tanpa perlakuan, *osmotic shock*, dan autoklaf) yang diikuti dengan ekstraksi *Ultrasonic assisted Hot Water* (UAHW) dengan suhu ekstraksi ultrasonik (40, 60, dan 80 °C) dan waktu ekstraksi ultrasonik (5, 10, dan 15 menit) terhadap kandungan flavonoid dan nilai SPF. *Osmotic shock* adalah metode yang digunakan untuk memasukkan senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik, probiotik, mineral dan vitamin ke dalam matriks tanpa mengubah matriks alaminyanya (Azarpazhoooh *et al.*, 2020). Autoklaf termasuk *cell disruption* kombinasi antara *cell disruption* secara kimia dan mekanik. Dalam prosesnya, simplisia yang telah dihaluskan di rendam dengan akuades dalam tekanan dan suhu yang lebih tinggi sehingga dapat mendapatkan senyawa bioaktif secara efisien. Tekanan dan suhu pada autoklaf dapat meningkatkan kontak antara pelarut dan bahan baku sehingga meningkatkan hasil ekstrak. Parameter keberhasilan dalam mengambil senyawa flavonoid ada beberapa macam seperti jenis pelarut yang digunakan, rasio pelarut dan zat terlarut, waktu ekstraksi total, suhu dan tekanan yang tinggi (Suh *et al.*, 2017). Flavonoid memiliki gugus kromofor dan auksokrom, gugus kromofor berfungsi untuk menyerap sinar UV (Sari and Hastuti, 2020). *Sun Protection Factor* (SPF) merupakan pelindung kulit dari sinar UV, semakin tinggi nilai SPF maka efek perlindungan pada kulit terbakar semakin meningkat juga. Penentuan nilai SPF dapat menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah autoklaf (Sturdy SA-300VF), *ultrasonic water bath* (BAKU BK-1200 1.47L), spektrofotometri UV-Vis (752AP), blender (Philips HR2115), neraca analitik (OHAUS PX224), oven (WGL-125B), rotary evaporator (IKA RV-08-S009), ayakan 60 mesh, kertas saring, alumunium foil, stopwatch, dan seperangkat alat gelas. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu rumput laut *U. lactuca* yang diambil dari kawasan pesisir Pantai Pathek Desa Gelung Selatan, Kecamatan Situbondo, kabupaten Situbondo, Jawa Timur, akuades, etanol 96% (Merck), sukrosa (Smart-lab), AlCl₃ (Smart-lab), dan kalium asetat (Smart-lab).

Persiapan Sampel

U. lactuca dibersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada *U. lactuca*. Setelah dibersihkan, *U. lactuca* dikeringkan di bawah sinar matahari selama 4 hari. *U. lactuca* selanjutnya dihaluskan dengan blender dan diayak menggunakan dengan ukuran 60 mesh (Amini *et al.*, 2024).

Analisis Kadar Air

Metode gravimetri dengan oven (*oven drying method*) digunakan untuk penentuan kadar air yang terkandung di dalam sampel *U. lactuca*. Sampel dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 4 jam. Pengeringan dilakukan kembali hingga diperoleh massa konstan, yang menandakan seluruh air telah hilang. Selisih massa awal dan massa akhir mencerminkan jumlah air yang terkandung dalam sampel, sehingga dapat diketahui kadar airnya secara akurat (Maulina *et al.*, 2018). Perhitungan kadar air ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = ((W1 - W2) / W1) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W1= massa sampel sebelum dikeringkan (g)

W2= massa sampel setelah dikeringkan (g)

Cell Disruption

Osmotic Shock

Setelah simplisia *U. lactuca* dihaluskan dan diukur kadar airnya, selanjutnya direndam kedalam larutan sukrosa dengan perbandingan 50/250 gram/mL selama 60 menit agar terjadi *osmotic shock* (Azarpazhoooh *et al.*, 2020).

Hidrotermal dengan Autoklaf

Simplisia *U. lactuca* yang telah dihaluskan sebanyak 10 gram ditambahkan akuades sebanyak 200 mL. Campuran dimasukkan autoklaf pada suhu 121 °C selama 5 menit. Setelah larutan sudah dalam keadaan suhu ruang kemudian disaring untuk memisahkan larutan dan filtrat. Filtrat yang didapatkan dipisahkan dengan pelarutnya dengan rotary evaporator. Hasil filtrat pekat dikeringkan menggunakan oven kering dengan suhu 50 °C selama 1 x 24 jam. Kemudian hasil ekstrak kering ditumbuk menjadi bubuk dan disimpan sampai dibutuhkan (Lee et al., 2010).

Ekstraksi *U. lactuca* dengan Ultrasound-Assisted Hot Water (UAHW)

Serbuk kering *U. lactuca* di ekstraksi dengan metode UAHW menggunakan pelarut etanol 96%. Variabel yang di gunakan pada metode ini menggunakan 3 variabel yaitu *cell disruption*, suhu ekstraksi ultrasonik, dan waktu ekstraksi ultrasonik. *Cell disruption* yang digunakan yaitu 0 (tanpa perlakuan), 1 (*osmotic shock*), 2 kondisi ekstraksi UAHW yaitu suhu ekstraksi ultrasonik (40; 60; atau 80 °C) dan waktu ekstraksi ultrasonik (5; 10; atau 15 menit). Ekstraksi ini dilakukan dengan screening data untuk running eksperimen. Data running yang telah di proses pada software Design-Expert dengan titik uji dari BBD (Box-Behnken Design) sesuai Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data running titik uji Box-Behnken Design.

No.	Cell disruption	Waktu ekstraksi ultrasonik (menit)	Suhu Ekstraksi Ultrasonik (°C)
1	0	5	60
2	1	10	60
3	2	5	60
4	1	10	60
5	1	5	40
6	1	10	60
7	1	15	80
8	2	10	80
9	1	10	60
10	0	10	80
11	1	15	40
12	2	15	60
13	2	10	40
14	1	5	80
15	0	15	60
16	0	10	40
17	1	10	60

*Catatan: Cell disruption (0: tanpa perlakuan, 1: *osmotic shock*, 2: autoklaf)

Hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring agar mendapatkan filtrat hasil ekstraksi. Ekstrak dipisahkan dengan pelarutnya dengan rotary evaporator pada temperature 40 °C (Delta et al., 2021), kemudian dianalisis kandungan flavonoid dan *Sun Protection Factor* (SPF).

Analisis Kadar Flavonoid

Simplisia 10 mg *U. lactuca* ditambahkan etanol sebanyak 10 mL. Sebanyak masing-masing 1 mL, campuran *U. lactuca*, larutan AlCl₃ 2%. Campuran diinkubasi pada suhu kamar selama 60 menit. Sampel diukur absorbansinya pada 425 nm dengan alat spektrofotometer UV-Vis. Kadar flavonoid didapatkan dari persamaan garis kurva kalibrasi yang didapatkan dari standar kuersetin. Kurva standar dibuat dari pencampuran kuersetin sebanyak 10 mg dan etanol sebanyak 10 mL, sehingga konsentrasinya menjadi 1000 ppm. Larutan standart kemudian diencerkan menjadi 10; 15; 20; 25; dan 30 ppm.

Analisis Nilai *Sun Protection Factor* (SPF)

Hasil ekstraksi dari bahan *U. lactuca* diambil sebanyak 0,05 g/mL dan di campurkan dengan pelarut etanol 96%. Perbandingan bahan dengan pelarut yaitu 0,05 gram dengan 200 ml dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam kuvet dan larutan etanol digunakan sebagai larutan blanko. Kemudian diukur nilai absorbansinya dengan panjang gelombang 290 – 320 nm dan dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran dengan interval 5 nm. Setelah didapatkan nilai kemudian dihitung nilai SPFnya dengan menggunakan persamaan Mansur

(Dharmawan *et al.*, 2023) (Persamaan 2). Perhitungan nilai SPF dengan spektrofotometer menggunakan persamaan Mansur (Dharmawan *et al.*, 2023) dengan ketentuan nilai serapan rerata disajikan pada Tabel 3.

$$\text{SPF} = \text{CF} \times \sum_{320}^{290} \text{Abs} \times \text{EE} \times \text{I} \quad (2)$$

dimana CF = Faktor Koreksi; EE = Spektrum Efek Erytermal; I = Spektrum Intensitas dari Matahari; Abs = Absorban dari Sampel.

Tabel 3. Ketentuan nilai serapan rerata (Ar).

No	Panjang Gelombang (nm)	EE x I
1	290	0,0150
2	295	0,0817
3	300	0,2874
4	305	0,3278
5	310	0,1864
6	315	0,0839
7	320	0,0180
Total		1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel dan Analisis Kadar Air

Proses preparasi sampel pembersihan bahan baku untuk menghilangkan kotoran yang menempel, selanjutnya dikeringkan selama 4 hari untuk mengurangi kadar air. *U. lactuca* yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender sehingga dihasilkan serbuk dalam ukuran kecil. Proses penghalusan ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan sampel agar hasil ekstraksi optimal. *U. lactuca* selanjutnya diayak menggunakan ayakan 60 mesh yang bertujuan agar sampel yang akan digunakan memiliki ukuran partikel yang sesuai (Rashad *et al.*, 2023). Sebelum bahan digunakan perlu dilakukan analisis kadar air untuk mengetahui kadar air yang terkandung di dalam sampel. Analisis kadar air dilakukan menggunakan metode pemanasan dan dilakukan 3 kali pengulangan. Hasil analisis kadar air *U. lactuca* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kadar air serbuk *U. lactuca*.

Percobaan	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)	Kadar air (%)	Rata – rata (%)	Standar deviasi
1	3,009	2,762	8,20	8,17	0,03
2	3,009	2,764	8,14		
3	3,009	2,763	8,17		

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis kadar air pada serbuk *U. lactuca* berdasarkan tiga kali ulangan. Nilai kadar air yang diperoleh berkisar antara 8,14% hingga 8,20%, dengan rata-rata sebesar 8,17% dan standar deviasi sebesar 0,03. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air serbuk *U. lactuca* masih berada dalam batas aman, sesuai standar yang ditetapkan, yaitu $\leq 10\%$. Kadar air yang rendah penting untuk menjamin stabilitas bahan selama penyimpanan, karena kadar air di atas ambang batas dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme yang berpotensi merusak kandungan bioaktif dalam bahan (Utami *et al.*, 2017). Nilai rata-rata hasil analisis kadar air dari *U. lactuca* yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 8,17% dan telah memenuhi standar kadar air yang telah ditetapkan. Nilai standar deviasi hasil analisis kadar air *U. lactuca* yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 0,03. Nilai standar deviasi dikatakan baik apabila nilainya lebih kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata. Semakin kecil standar deviasi maka semakin semakin akurat dengan rata-rata (Hidayat *et al.*, 2019).

Ekstraksi Total Flavonoid dan Nilai SPF *U. lactuca*

Ekstraksi total flavonoid dan nilai SPF *U. lactuca* dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode *cell disruption* dan *ultrasound assisted hot water*. Metode *cell disruption* merupakan proses pemecahan atau perusakan untuk membuka dinding sel agar mendapat kandungan yang terdapat didalam *U. lactuca* (Padil *et al.*, 2015). Perlakuan *osmotic shock* pada penelitian ini menggunakan sukrosa dalam aquadest. Penggunaan sukrosa ini memiliki konsentrasi *osmotic* yang lebih tinggi daripada sel sehingga jika bahan dicelupkan ke larutan sukrosa yang konsentrasinya lebih tinggi maka air di dalam sel akan bergerak keluar menuju larutan dan menciptakan tekanan osmotik. Tekanan *osmotic* yang tidak seimbang dapat melemahkan dinding sel sehingga kandungan yang terdapat didalam bahan terekstraksi. *Cell disruption* metode hidrotermal dengan autoklaf merupakan metode

ekstraksi yang menggunakan tekanan dan suhu yang tinggi untuk mendapatkan senyawa bioaktif secara efisien (Suh *et al.*, 2017). Tekanan dan suhu pada autoklaf dapat meningkatkan kontak antara pelarut dan bahan baku sehingga meningkatkan hasil ekstraksi.

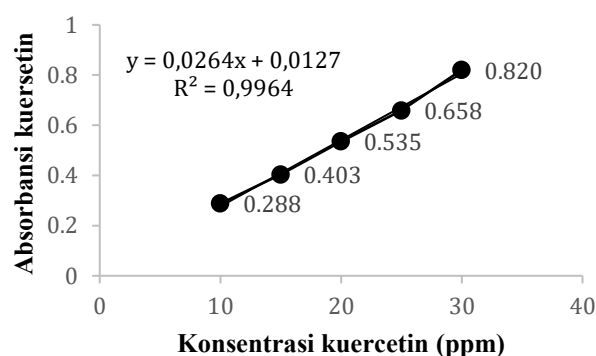
Setelah dilakukan perlakuan *cell disruption* kemudian bahan dilanjutkan ekstraksi dengan metode UAHW yang merupakan modifikasi gelombang ultrasonik dalam *batch* air panas yang digunakan untuk mengekstrak simplisia. Pada metode ini menggunakan pelarut etanol karena etanol merupakan pelarut semi polar dan bersifat tidak toxic. Etanol yang digunakan adalah etanol 96% hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi etanol maka semakin tinggi juga untuk komponen bioaktif yang dihasilkan. Hasil ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian filtrat hasil ekstraksi akan dievaporasi untuk memisahkan ekstrak dengan pelarutnya.



Gambar 2. Filtrat hasil ekstraksi *U.lactuca*

Analisis Total Flavonoid

Penentuan total flavonoid dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan kuersetin sebagai standar. Tahapan analisis diawali dengan penentuan panjang gelombang maksimum larutan kuersetin 10 ppm pada rentang 400 – 450 nm. Hasil pemindaian menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum berada pada 425 nm, yang kemudian digunakan sebagai panjang gelombang kerja untuk seluruh pengukuran. Selanjutnya, dibuat deret larutan kuersetin dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm. Masing-masing larutan diukur absorbansinya pada 425 nm untuk membentuk kurva kalibrasi. Kuersetin dipilih sebagai senyawa standar karena merupakan flavonoid yang umum ditemukan pada berbagai tanaman, serta memiliki sifat antioksidan yang telah banyak diteliti (Roman *et al.*, 2013; Sembiring *et al.*, 2017). Penggunaan kuersetin sebagai referensi dalam analisis total flavonoid telah terbukti andal dan dapat direproduksi, sebagaimana dibuktikan dalam berbagai studi (Çiftci and Tastekin, 2023; Widiyana and Illian, 2022). Kuersetin juga digunakan untuk membandingkan efektivitas berbagai metode ekstraksi (Pertiwi *et al.*, 2020; Velisdeh *et al.*, 2024). Grafik kurva kalibrasi kuersetin disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik kurva kalibrasi kuersetin.

Gambar 3 menunjukkan grafik kurva kalibrasi larutan kuersetin berdasarkan hubungan antara konsentrasi (ppm) dan absorbansi yang diukur pada panjang gelombang maksimum 425 nm. Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh persamaan linear $y = 0,0264x + 0,0127$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9964$, yang menunjukkan korelasi sangat kuat antara konsentrasi kuersetin dan nilai absorbansi. Tingginya nilai R^2 mengindikasikan model regresi yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dan dapat digunakan secara valid untuk

menghitung total flavonoid dalam sampel, yang dinyatakan dalam mg kuersetin ekuivalen per gram ekstrak (mg QE/g). Persamaan ini digunakan sebagai dasar perhitungan kuantitatif dalam analisis kadar flavonoid total pada sampel *U. lactuca*. Hasil total flavonoid dari *U. lactuca* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisa total flavonoid *U. lactuca*.

No.	Cell disruption	Waktu Ekstraksi Ultrasonik (menit)	Suhu Ekstraksi Ultrasonik (°C)	Total Flavonoid (mg QE/g ekstrak)
1	0	5	60	23,07
2	1	10	60	12,78
3	2	5	60	2,18
4	1	10	60	13,71
5	1	5	40	3,55
6	1	10	60	13,64
7	1	15	80	18,46
8	2	10	80	5,33
9	1	10	60	14,59
10	0	10	80	33,23
11	1	15	40	2,23
12	2	15	60	1,92
13	2	10	40	2,60
14	1	5	80	6,53
15	0	15	60	31,15
16	0	10	40	22,51
17	1	10	60	10,04

*Catatan: Cell disruption (0: tanpa perlakuan. 1: osmotic shock, 2: hidrotermal dengan autoklaf)

Tabel 5 menyajikan data hasil analisis kadar total flavonoid dari *U. lactuca* berdasarkan variasi perlakuan *cell disruption*, waktu, dan suhu ekstraksi. Nilai total flavonoid yang diperoleh berkisar antara 1,92 hingga 33,23 mg QE/g ekstrak. Kadar flavonoid tertinggi (33,23 mg QE/g) dicapai pada perlakuan tanpa *cell disruption*, dengan waktu ekstraksi 10 menit dan suhu 80 °C. Sebaliknya, kadar flavonoid terendah (1,92 mg QE/g) diperoleh pada perlakuan *cell disruption* hidrotermal dengan autoklaf (kondisi operasi 121 °C selama 5 menit), dengan ekstraksi UAHW pada waktu ekstraksi ultrasonik 15 menit dan suhu ekstraksi ultrasonik 60 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan fisik melalui *cell disruption* tidak selalu memberikan efek positif terhadap efisiensi ekstraksi flavonoid. Perlakuan autoklaf cenderung menurunkan kadar flavonoid, akibat degradasi termal senyawa bioaktif selama proses tekanan dan suhu tinggi (Yilmaz and Koca, 2017). Penelitian pada kadar total fenolik menunjukkan penurunan hingga 59% akibat perlakuan dengan autoklaf, yang mengindikasikan bahwa stabilitas senyawa bioaktif sangat dipengaruhi oleh suhu dan tekanan (Almeida *et al.*, 2021). Sebaliknya, kondisi ekstraksi tanpa *cell disruption*, tetapi dilakukan dengan UAHW pada suhu ekstraksi ultrasonik (80 °C) dan waktu yang relatif singkat (10 menit), mampu meningkatkan pelepasan flavonoid secara optimal. Hal ini mendukung bahwa suhu dalam batas optimal dapat mempercepat difusi senyawa aktif ke dalam pelarut, selama tidak melebihi ambang degradasi senyawa tersebut (Tambun *et al.*, 2017). Dengan demikian, parameter suhu dan waktu ekstraksi memainkan peran penting dalam meningkatkan kadar flavonoid, sementara perlakuan *cell disruption*, khususnya hidrotermal dengan autoklaf, justru dapat menurunkan efektivitas ekstraksi jika tidak dikontrol dengan tepat. Perbandingan hasil ekstraksi flavonoid dari Alga dari berbagai sumber disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil ekstraksi total flavonoid alga dari berbagai sumber.

Bahan	Kondisi	Hasil Total Flavonoid	Referensi
<i>Ulva Reticulata Forsskal</i>	Metode : Maserasi, Jenis pelarut : Etil asetat, Waktu : 72 Jam	22,25 mg QE/g ekstrak	(Rahayu <i>et al.</i> , 2023)
<i>E. cottonii</i>	Metode : Ekstraksi bertingkat, Jenis pelarut : n-heksana, Waktu : 72 Jam	35,18 mg QE/g ekstrak	(Yanuarti <i>et al.</i> , 2017)
<i>U. lactuca</i>	Metode : <i>Ultrasound Assisted Hot Water</i> (UAHW), tanpa <i>cell disruption</i> , Jenis Pelarut : Etanol, Waktu : 10 menit	33,23 mg QE/g ekstrak	(Penelitian ini)

Tabel 6 menunjukkan variasi kadar total flavonoid dari berbagai jenis alga dan metode ekstraksi yang digunakan. Penelitian ini menghasilkan total flavonoid sebesar 33,23 mg QE/g ekstrak dari *U. lactuca*, yang tergolong tinggi, meskipun menggunakan waktu ekstraksi yang singkat (10 menit) dan tanpa perlakuan *cell disruption*. Hasil ini mendekati nilai tertinggi yang diperoleh dari *Eucheuma cottonii* (35,18 mg QE/g), meskipun pada *E. cottonii* digunakan metode ekstraksi bertingkat dengan waktu yang jauh lebih lama (72 jam). Perbedaan hasil flavonoid antarsampel disebabkan oleh faktor-faktor seperti jenis alga, pelarut yang digunakan, metode ekstraksi, waktu, dan suhu. Durasi ekstraksi yang lebih lama memungkinkan kontak lebih intensif antara pelarut dan senyawa aktif, sehingga meningkatkan rendemen (Ningsih et al., 2015). Dengan demikian, metode *ultrasound-assisted hot water* tanpa *cell disruption* terbukti efektif dalam menghasilkan kandungan flavonoid tinggi dalam waktu yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional lainnya.

Analisis Statistik

Data total flavonoid kemudian di analisa menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membuktikan bahwa parameter yang digunakan dalam proses ekstraksi dapat mempengaruhi total flavonoid. Hasil analisis ANOVA ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Data ANOVA ekstrak *U. lactuca*.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1607,79	9	178,64	69,25	< 0,0001	<i>significant</i>
<i>A-cell disruption</i>	1198,77	1	1198,77	464,71	< 0,0001	
<i>B-waktu</i>	42,48	1	42,48	16,47	0,0048	
<i>C-suhu</i>	133,27	1	133,27	51,66	0,0002	
<i>AB</i>	17,41	1	17,41	6,75	0,0355	
<i>AC</i>	15,97	1	15,97	6,19	0,0417	
<i>BC</i>	43,86	1	43,86	17,00	0,0044	
<i>A²</i>	102,22	1	102,22	39,62	0,0004	
<i>B²</i>	45,82	1	45,82	17,76	0,0040	
<i>C²</i>	16,18	1	16,118	6,27	0,0407	
Residual	18,06	7	2,58			
<i>Lack of Fit</i>	5,79	3	1,93	0,6287	0,6337	<i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	12,27	4	3,07			
Cor Total	1625,85	16				

Parameter significant jika nilai probabilitas (p-value) dari hasil analisa $\leq 0,05$ atau 5% dan nilai *lack of fit* dengan $p\text{-value} \geq 0,05$ (Maulina et al., 2018). Nilai p value pada penelitian ini adalah < 0,0001, sehingga model analisis penelitian ini berpengaruh nyata terhadap total flavonoid dari sampel (Maulina et al., 2018). Pada penelitian ini juga didapatkan p value dari *cell disruption*, suhu dan waktu < 0,05 yang artinya *cell disruption* juga berpengaruh terhadap total flavonoid. Nilai R^2 yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,9889 yang berarti model penelitian sesuai dengan hasil yang didapatkan. Nilai R^2 dapat dinyatakan sesuai model apabila nilainya lebih dari 0,75. Nilai adjust R^2 yang dihasilkan sebesar 0,9746 menunjukkan bahwa ada hubungan kuat antara *cell disruption*, waktu dan suhu terhadap total flavonoid pada *U. lactuca*.

Analisis SPF

Pengukuran panjang gelombang dilakukan pada rentang 290 – 320 nm setiap interval 5 nm dengan blanko yang digunakan adalah etanol 96%. Persamaan munsur digunakan untuk menghitung nilai SPF dari sampel yang telah diketahui panjang gelombang setiap rentangnya.

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai SPF *U. lactuca* berkisar antara 0,55 hingga 20,80. Nilai SPF terendah diperoleh pada perlakuan *cell disruption* hidrotermal dengan autoklaf, dengan waktu ekstraksi 15 menit dan suhu 60 °C. Berdasarkan klasifikasi, nilai ini tergolong rendah karena nilai SPF < 2. Sebaliknya, nilai SPF tertinggi (20,80) ditemukan pada perlakuan tanpa *cell disruption* dengan waktu ekstraksi 10 menit dan suhu 80 °C, dan termasuk dalam kategori ultra (SPF ≥ 15). Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi ekstraksi tanpa perlakuan fisik

tambahan dengan suhu dan waktu optimum dapat meningkatkan potensi SPF secara signifikan. Perbandingan nilai SPF beberapa Alga disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Data analisa nilai SPF *U. lactuca*.

No.	Cell disruption	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Nilai SPF
1	0	5	60	6,62
2	1	10	60	5,59
3	2	5	60	0,62
4	1	10	60	5,52
5	1	5	40	2,59
6	1	10	60	5,79
7	1	15	80	6,87
8	2	10	80	4,03
9	1	10	60	5,51
10	0	10	80	20,80
11	1	15	40	2,10
12	2	15	60	0,55
13	2	10	40	1,37
14	1	5	80	3,60
15	0	15	60	15,64
16	0	10	40	9,82
17	1	10	60	4,57

*Catatan: Cell disruption (0: tanpa perlakuan. 1: osmotic shock, 2: autoklaf)

Berdasarkan Tabel 9, terlihat bahwa terdapat variasi nilai SPF yang dihasilkan dari berbagai jenis alga dan metode ekstraksi yang digunakan. Pada penelitian ini, nilai SPF *U. lactuca* sebesar 20,80 diperoleh melalui *ultrasound-assisted hot water extraction* tanpa perlakuan *cell disruption* dengan waktu singkat 10 menit, menunjukkan efisiensi waktu dibandingkan dengan metode maserasi yang membutuhkan waktu lebih lama. Perbedaan nilai SPF antara penelitian ini dan studi sebelumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama waktu dan suhu ekstraksi. Semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin tinggi kemungkinan senyawa bioaktif seperti flavonoid terlarut dalam pelarut, hingga mencapai titik jenuh di mana tidak ada lagi senyawa yang dapat diekstraksi (Ningsih, et al., 2015). Selain itu, suhu ekstraksi juga berperan penting; suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat proses difusi senyawa aktif, namun suhu yang terlalu tinggi dapat merusak struktur senyawa bioaktif. Untuk ekstraksi *U. lactuca*, suhu optimal berkisar antara 40 – 80 °C (Tambun et al., 2017). Meskipun nilai SPF tertinggi diperoleh dari penelitian Dharmawan et al. (2023) namun waktu ekstraksinya cukup panjang (24 jam). Sebaliknya, penelitian ini mampu menghasilkan nilai SPF yang tergolong tinggi dalam durasi ekstraksi yang jauh lebih singkat (10 menit), sehingga metode yang digunakan dapat dianggap lebih efisien dan berpotensi untuk diaplikasikan dalam pengembangan produk tabir surya berbasis bahan alam.

Tabel 9. Hasil ekstraksi nilai SPF alga dari berbagai sumber.

Bahan	Kondisi	Hasil	Referensi
<i>Sargassum sp.</i>	Metode: Maserasi, Jenis Pelarut: Etanol, Waktu: 24 Jam	Nilai SPF tertinggi sebesar 33,20	(Dharmawan, et al., 2023)
<i>Ulva Reticulata</i>	Metode: Maserasi, Jenis pelarut: Etil asetat, Waktu: 72 Jam	Nilai SPF tertinggi sebesar 11,74	(Rahayu et al., 2023)
<i>U. lactuca</i>	Metode: <i>Ultrasound Assisted Hot Water</i> , tanpa <i>cell disruption</i> , Jenis Pelarut: Etanol, Waktu: 10 menit	Nilai SPF tertinggi sebesar 20,80	(Penelitian ini)

Hubungan Total Flavonoid dan Nilai SPF

Flavonoid yang terkandung dalam *U. lactuca* berpotensi untuk mengatasi dampak negatif radikal bebas akibat paparan sinar ultraviolet (UV). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis total kandungan flavonoid pada *U. lactuca* serta mengevaluasi aktivitas tabir surya melalui pengukuran nilai SPF. Nilai SPF digunakan sebagai indikator universal efektivitas senyawa dalam melindungi kulit dari sinar UV, di mana semakin tinggi nilai SPF, semakin besar kemampuan proteksi terhadap paparan sinar matahari. Aktivitas tabir surya suatu senyawa dipengaruhi oleh keberadaan senyawa fenolik dan flavonoid, sehingga konsentrasi yang tinggi dari senyawa tersebut dapat berkontribusi pada peningkatan nilai SPF (Astutiningsih and Anggraeny, 2023). Penelitian

ini membuktikan bahwa hubungan total flavonoid dan nilai SPF berbanding lurus artinya jika total flavonoid besar maka nilai SPF yang ditunjukkan juga tinggi. Hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya, sebanyak 42 ekstrak dari sembilan tanaman obat yang dikenal dievaluasi nilai SPF-nya menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Hasil total flavonoid menunjukkan korelasi yang kuat dengan nilai SPF. Nilai tertinggi dicapai oleh ekstrak ultrasonik *Crataegus pentagyna* (SPF = 24,47), diikuti oleh ekstrak metanol dari *Feijoa sellowiana* (SPF = 1,30) (Hashemi, *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter ekstraksi *Ulva lactuca*, meliputi perlakuan *cell disruption*, waktu ultrasonik, dan suhu ekstraksi, berpengaruh signifikan terhadap total kandungan flavonoid dan nilai *Sun Protection Factor* (SPF). Peningkatan suhu dan durasi ekstraksi cenderung meningkatkan kadar flavonoid dan nilai SPF. Namun, perlakuan *cell disruption* pada penelitian ini terbukti kurang efektif, ditunjukkan oleh rendahnya hasil yang diperoleh dibandingkan perlakuan tanpa *cell disruption*. Terdapat korelasi positif antara kandungan total flavonoid dan nilai SPF, di mana semakin tinggi kadar flavonoid, semakin besar pula aktivitas proteksi terhadap sinar UV. Kondisi ekstraksi optimal dicapai pada perlakuan tanpa *cell disruption*, waktu ultrasonik 10 menit, dan suhu ultrasonik 80 °C, yang menghasilkan total flavonoid sebesar 33,23 mg QE/g dan nilai SPF sebesar 20,80.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

HWA: Konseptualisasi, Perolehan Pendanaan, Penulisan Draft dan Review; MRK dan NAS: Metodologi, Software, Validasi; ZM dan MFR: Analisis Formal dan Kurasi Data; IR dan BP: Visualisasi; BAF: Supervisi; YN dan RWA: Administrasi Proyek dan Kurasi Data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis berterima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember atas pendanaan penelitian dalam skema Penelitian Dosen Pemula Tahun 2024, sehingga kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, R.L.J., Santos, N.C., Padilha, C.E., Monteiro, S.S., and Santos, E.S., 2021. Impact of Hydrothermal Pretreatments on Physicochemical Characteristics and Drying Kinetics of Starch from Red Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, 15448. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15448>.
- Amini, H.W., Suryaningrum, P., Puspitasari, I., Mumtazah, Z., Fachri, B.A., Rizkiana, M.F., Palupi, B., and Rahmawati, I., 2024. Optimization of Phenolic Compound Extraction *Ulva lactuca* Using the Ultrasound Assisted Hot Water Method (UAHW). Atlantis Press International BV, pp. 181–196. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-451-8_17.
- Arifianti, A.E., Putri, R.C., Ekaputri, S.H., Aqilah, W.N., and Anwar, E., 2020. Nilai *Sun Protection Factor* Anggur Laut Segar dengan Metode dan Jenis Pelarut Ekstraksi yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23, 31–37. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i1.30692>.
- Astutiningsih, C., and Anggraeny, E.N., 2023. Penentuan Fenolik Total, Flavonoid Total, Aktivitas Antioksidan dan Nilai SPF Fraksi Buah Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Cendekia Eksakta*, 8. <https://doi.org/10.31942/ce.v8i1.8260>.
- Azarpazhooh, E., Sharayei, P., and Ramaswamy, H.S., 2020. Optimization of Ultrasound-Assisted Osmotic Treatment of Aleo Vera Gel Impregnated with Grape Pomace Phenolic Compounds Using Response Surface Methodology. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22.
- Çiftci, G., and Tastekin, B., 2023. Antioxidant Capacity and Antibacterial Potential of Rosehip (*Rosa canina*) Fruits Grown. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8, 103–109. <https://doi.org/10.35229/jaes.1240877>.
- Delta, M., Rozirwan, R., and Hendri, M., 2021. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun dan Kulit Batang Mangrove *Sonneratia alba* di Tanjung Carat, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 13, 129–144. <https://doi.org/10.56064/maspari.v13i2.14577>.

- Dharmawan, D., Putriana, N.A., and Anggraeni, S.R., 2023. Kandungan Total Fenolik dan Nilai *Sun Protection Factor* Ekstrak *Sargassum* sp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26, 126–134. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.15934>.
- Dominguez, H., and Loret, E.P., 2019. *Ulva Lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, 17, 357. <https://doi.org/10.3390/md17060357>.
- Fadillah, J., Yuliawati, K.M., and Sadiyah, E.R., 2022. Uji Aktivitas Tabir Surya Ekstrak Kulit Buah Sirsak (*Annona muricata* L.) yang Diekstraksi dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction*. *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2. <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.4321>.
- Hashemi, Z., Ebrahimzadeh, M.A., and Khalili, M., 2021. Sun Protection Factor, Total Phenol, Flavonoid Contents and Antioxidant Activity of Medicinal Plants from Iran. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 18, 1443–1448. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v18i7.11>.
- Herlina, H., Falahudin, A., Gustian, I., H. Putranto, A.M., Adfa, M., and Yudha S, S., 2021. Membran *Alginat padina* sp. - Polietilen Glikol (AP-PEG): Preparasi, Karakterisasi dan Aplikasinya Sebagai Enkapsulan. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17, 63–73. <https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.41713.63-73>.
- Hidayat, R.N., Sabri, L.M., and Awaluddin, M., 2019. Analisis Desain Jaring Gns Berdasarkan Fungsi Presisi (Studi Kasus: Titik Geoid Geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 8, 48–55.
- Kalasariya, H.S., Pereira, L., and Patel, N.B., 2023. Comprehensive Phytochemical Analysis and Bioactivity Evaluation of *Padina Boergesenii*: Unveiling Its Prospects as a Promising Cosmetic Component. *Marine Drugs*, 21, 385. <https://doi.org/10.3390/md21070385>.
- Keintjem, B., Wewengkang, D.S., and Fatimawali, F., 2019. Aktivitas Penghambatan Pertumbuhan Mikroorganisme dari Ekstrak dan Fraksi Alga *Ulva lactuca* terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Candida albicans*. *Pharmacon*, 8, 397. <https://doi.org/10.35799/pha.8.2019.29306>.
- Kelutur, F.J., Mustarichie, R., and Umar, A.K., 2020. Virtual Screening Kandungan Senyawa Kipas Laut (*Gorgonia mariae*) sebagai Anti-Asma. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16, 48–59. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.2.39965.48-59>.
- Lailah, N., 2014. Uji Aktivitas Antioksidan dan Fitokimia Fraksi Etil Asetat, Kloroform, dan n-Heksana Ekstrak Metanol Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*. Undergraduate Thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Lee, J.-Y., Yoo, C., Jun, S.-Y., Ahn, C.-Y., and Oh, H.-M., 2010. Comparison of Several Methods for Effective Lipid Extraction from Microalgae. *Bioresource Technology*, 101, S75–S77. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.058>.
- Maharany, F., Nurjanah, Suwandi, R., Anwar, E., and Hidayat, T., 2017. Kandungan Senyawa Bioaktif Rumput Laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* sebagai Bahan Baku Krim Tabir Surya. *Jphpi*, 20, 10–17.
- Maulina, S., Suhendra, L., and Gunam, I.B.W., 2018. Karakteristik Bubuk Alga Coklat (*Sargassum polycystum*) pada Perlakuan Ukuran Bahan dan Suhu Pengeringan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2018.v06.i01.p01>.
- Mutiara, E.V., and Wildan, A., 2020. Pengaruh Metoda Ekstraksi terhadap Aktivitas Tabir Surya Dihitung sebagai Nilai SPF Ekstrak Etanol Daun Bunga Pukul Empat (*Mirabilis jalapa* L.). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 35–41.
- Ningsih, G., Utami, S., and Nugrahani, R., 2015. Pengaruh Lamanya Waktu Ekstraksi Remaserasi Kulit Buah Durian terhadap Rendemen Saponin dan Aplikasinya Sebagai Zat Aktif Anti Jamur. *Jurnal Konversi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 4, 107565.
- Padil, P., Syamsiah, S., Hidayat, M., and Kasiamdari, R.S., 2015. Cell Disruption Mikroalga Secara Enzimatis dengan Selulase. *Reaktor*, 15, 213–217. <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.4.213-217>.
- Pangestuti, R., Shin, K.-H., and Kim, S.-K., 2021. Anti-Photoaging and Potential Skin Health Benefits of Seaweeds. *Marine Drugs*, 19, 172. <https://doi.org/10.3390/md19030172>.
- Pappou, S., Dardavila, M.M., Savvidou, M.G., Louli, V., Magoulas, K., and Voutsas, E., 2022. Extraction of Bioactive Compounds from *Ulva lactuca*. *Applied Sciences*, 12, 2117. <https://doi.org/10.3390/app12042117>.
- Pertiwi, R.D., Suwaldi, Martien, R., and Setyowati, E.P., 2020. Radical Scavenging Activity and Quercetin Content of *Muntingia calabura* L. Leaves Extracted by Various Ethanol Concentration. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 173–183. <https://doi.org/10.22146/jfps.581>.
- Prihapsara, F., Artanti, A.N., Hanun, M.S.H., Fatiha, S.N., Cahyani, F.N., and Rohmani, S., 2023. Karakterisasi Nanoemulsi Minyak Tulang Ikan Sidat Dengan Ekstrak Daun Salam Dan Uji Aktivitas Antihiperlipidemia. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19, 14–22. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.1.61169.14-22>.

- Rahayu, S.T., Sari, R.Y., Mahayasih, P.G.M.W., Utami, T.P., and Eden, Y., 2023. Penentuan *Sun Protection Factor* (SPF) dan Antioksidan Ekstrak Alga Hijau (*Ulva reticulata* Forsskal) Sebagai Tabir Surya dengan Spektrofotometer UV-Vis. *Archives Pharmacia*, 5, 50–62. <https://doi.org/10.47007/ap.v5i1.6354>.
- Rahmadi, P., Pangestuti, R., and Salim, G., 2011. Potensi Rumput Laut sebagai Bahan Dasar Kosmeseutikal. *Jurnal Harpodon Borneo*, 4, 77–88.
- Ramdani, Y., Ananto, A.D., and Hajrin, W., 2021. Variasi Metode Ekstraksi dan Penetapan Nilai SPF Ekstrak Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Acta Pharmaciae Indonesia: Acta Pharm Indo*, 9, 31. <https://doi.org/10.20884/1.api.2021.9.1.4001>.
- Rashad, S., El-Chaghaby, G., Lima, E.C., and Simoes dos reis, G., 2023. Optimizing the Ultrasonic-Assisted Extraction of Antioxidants from *Ulva lactuca* Algal Biomass Using Factorial Design. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 5681–5690. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01516-8>.
- Roman, I., Stănilă, A., and Stănilă, S., 2013. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of *Rosa canina* L. Biotypes from Spontaneous Flora of Transylvania. *Chemistry Central Journal*, 7. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-73>.
- Sari, D.K., and Hastuti, S., 2020. Analisis Flavonoid Total Ekstrak Etanol Daun Seligi (*Phyllanthus buxifolius* Muell. Arg) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *IJMS-Indonesian Journal On Medical Science*, 7, 57.
- Sembiring, E.N., Elya, B., and Sauriasari, R., 2017. Phytochemical Screening, Total Flavonoid and Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Different Parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. *Pharmacognosy Journal*, 10, 123–127. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.1.22>.
- Subagiyo, S., and Fatichah, D.I., 2016. Potensi Hot Water Extract Rumput Laut *Caulerpa* sp. dan *Sargassum* Sebagai Komponen Immunonutrisi pada Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vanamei*). *Jurnal Kelautan Tropis*, 18, 154. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i3.528>.
- Suh, S., Kim, Y.E., Yang, H.-J., Ko, S., and Hong, G.-P., 2017. Influence of Autoclave Treatment and Enzymatic Hydrolysis on the Antioxidant Activity of *Opuntia Ficus-Indica* Fruit Extract. *Food Science and Biotechnology*, 26, 581–590. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0085-3>.
- Suhery, W.N., Novita Dewi, Rahayu Utami, Mustika Furi, and Melzi Octaviani, 2021. Formulasi dan Penentuan Nilai *Sun Protection Factor* (SPF) Sediaan Krim Tabir Surya Ekstrak Etanol Bekatul Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 10, 33–38. <https://doi.org/10.51887/jpfi.v10i1.1408>.
- Sukrawati, N.L.L., Samirana, P.O., and Putra, A.A.G.R.Y., 2025. Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Farmakologi dari *Ulva lactuca*. *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi*, 3, 155–164. <https://doi.org/10.24843/WSNF.2024.v03.p15>.
- Tambun, R., Limbong, H.P., Pinem, C., and Manurung, E., 2017. Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu dan Suhu pada Ekstraksi Fenol dari Lengkuas Merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5, 53–56. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1555>.
- Utami, Y.P., Umar, A.H., Syahrini, R., and Kadullah, I., 2017. Standardisasi Simplisia dan Ekstrak Etanol Daun Leilem (*Clerodendrum minahassae* Teijsm. & Binn.). *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences*, 2, 32–39.
- Velisdeh, Z.J., Najafpour Darzi, G., Poureini, F., Mohammadi, M., Sedighi, A., Bappy, M.J.P., Ebrahimifar, M., and Mills, D.K., 2024. Turning Waste into Wealth: Optimization of Microwave/Ultrasound-Assisted Extraction for Maximum Recovery of Quercetin and Total Flavonoids from Red Onion (*Allium cepa* L.) Skin Waste. *Applied Sciences*, 14, 9225. <https://doi.org/10.3390/app14209225>.
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C.S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H., and Luo, X., 2018. Advances in Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Cash Crops – A Review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 538–549. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>.
- Widiyana, A.P., and Illian, D.N., 2022. Phytochemical Analysis and Total Flavonoid Content on Ethanol and Ethyl Acetate Extract from Neem (*Azadirachta indica* Juss.) Leaves Utilizing UV–Vis Spectrophotometric. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 71–77. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v8i1.6582>.
- Yanuarti, R., Nurjanah, N., Anwar, E., and Hidayat, T., 2017. Profile of Phenolic and Antioxidants Activity from Seaweed Extract *Turbinaria conoides* and *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20, 230. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17503>.
- Yilmaz, V.A., and Koca, A.F., 2017. Effect of Different Production Techniques on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Einkorn (*Triticum monococcum* L.) and Durum (*Triticum turgidum* subsp. durum) Bulgur. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 269–277. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7724>.