Available online: journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123

OPTIMASI PEMBUATAN GARAM *Ulva lactuca* MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*

Anis Khairunnisa[1]*, Mahaldika Cesrany[1], Iftachul Farida[1], Ika Astiana[1], Siluh Putu Sri Dia Utari[1], Niken Prawesti Listyaningrum[2], RR Radipta Lailatussifa[2], Made Devi Kurniawati[1], Ni Kadek Sita Adnyaniti Kusuma[1], Ni Made Ayu Meylia Murtiningsih[1]

[1]Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana
Pengambengan, Jembrana, Bali Indonesia 82218
[2]Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo
Jalan Raya Buncitan Jawa Timur Indonesia 61254

Diterima: 21 Januari 2025/Disetujui: 19 Februari 2025
*Korespondensi: anis.poltekkpjembrana@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Khairunnisa, A., Cesrany, M., Farida, I., Astiana, I., Utari, S. P. S. D., Listyaningrum, N. P., Lailatussifa, R. R. R., Kurniawati, M. D., Kusuma, N. K. S. A., & Murtiningsih, N. M. A. M. (2025). Optimasi pembuatan garam *Ulva lactuca* menggunakan *response surface methodology. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 28(2), 156-169. http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123

Abstrak

Rumput laut *Ulva lactuca* merupakan bahan baku potensial dalam pengembangan garam fungsional. Kendala yang dihadapi ialah rendemen yang masih rendah. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi proses optimum pada produksi garam *U. lactuca* berdasarkan persentase rendemen tertinggi, mutu kimia, dan sensori menggunakan metode *response surface methodology* dengan desain Box-Behnken (BBD). Metode pembuatan garam rumput laut menggunakan tiga variabel dengan tiga tingkatan, yakni rasio penambahan tepung *U. lactuca* dan pelarut akuades (A = 1:5, 1:10, 1:15), waktu ekstraksi (B = 10, 15, dan 30 menit), dan suhu ekstraksi (C = 40, 55, dan 70°C). Kombinasi ketiga faktor tersebut menghasilkan 15 percobaan. Model persamaan diuji dengan analisis varian (ANOVA) dengan α = 0.05. Garam *U. lactuca* hasil optimasi diuji mutu kimia, cemaran logam berat, dan karakteristik sensori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan optimum dalam menghasilkan rendemen garam rumput laut tertinggi, yakni rasio tepung dan pelarut sebesar 1:13,5, waktu ekstraksi selama 12 menit, dan suhu ekstraksi 70°C. Perlakuan tersebut menghasilkan respons rendemen sebesar 31,81±1,63%, yang memiliki perbedaan 0,82% dibandingkan respons prediksi 31,55%. Garam *U. lactuca* yang dihasilkan memiliki kadar abu 59,97%, protein 3,59%, lemak 0,25%, karbohidrat 15,46%, dan air 10,49%, kadar NaCl 27,31%, yodium <0,35%, kadmium 0,07 mg/kg, merkuri <0,002 mg/kg, dan timbal 3,60 mg/kg. Nilai respons sensori garam *U. lactuca* untuk atribut warna butiran, warna larutan, rasa, aroma, *mouthfeel*, *flavor*, *aftertaste*, dan *overall* berkisar pada rentang 4,2±1,69 (agak tidak suka) hingga 4,8±1,21 (netral).

Kata kunci: desain Box-Behnken, *desirability*, garam rendah natrium, rendemen, rumput laut hijau

Optimization Production Process of *Ulva lactuca* Salt using Response Surface Methodology

Abstrak

Ulva lactuca seaweed is a potential raw material for the production of functional salts. The obstacle faced was the low yield. The purpose of this study was to determine the optimum process conditions for the production of *U. lactuca* salt based on the highest yield percentage, chemical quality, and sensory properties using the Response Surface Methodology method with the Box-Behnken (BBD) design. The method of

This work is licensed under CC BY 4.0.

making seaweed salt uses three variables with three levels, namely, the ratio of *U. lactuca* flour addition and aqueous solvent (A = 1:5, 1:10, 1:15), extraction time (B = 10, 15, and 30 min), and extraction temperature (C = 40, 55, and 70°C). A combination of these three factors resulted in a total of 15 experiments. The equation model was tested using analysis of variance (ANOVA) with α = 0.05. The optimized *U. lactuca* salt was tested for its chemical quality, heavy metal contamination, and sensory characteristics. The results showed that the optimal treatment for producing the highest seaweed salt yield was flour and solvent ratio of 1:13.5, extraction time of 12 min, and extraction temperature of 70°C. This treatment produced a yield response of 31.81±1.63%, which was a difference of 0.82% compared to the predicted response of 31.55%. The resulting *U. lactuca* salt had an ash content of 59.97%, protein 3.59%, fat 0.252%, carbohydrate 15.46%, moisture 10.49%, NaCl content 27.31%, iodine <0.350%, cadmium 0.068 mg/kg, mercury <0.002 mg/kg, and lead 3.60 mg/kg. The sensory response value of *U. lactuca* salt for the attributes of grain color, solution color, taste, aroma, mouthfeel, flavor, aftertaste, and overall ranged from 4.2±1.69 (slightly disliked) to 4.8±1.21 (neutral).

Keywords: Box-Bhenken design, desirability, green seaweed, low sodium salt, yield

PENDAHULUAN

Ulva lactuca merupakan salah satu jenis rumput laut hijau yang banyak dikonsumsi dan dikembangkan sebagai bahan *superfood* di masa depan (Harsha *et al.,* 2023). Pemanfaatan *Ulva* sp. menjadi bahan baku pembuatan garam fungsional telah menjadi fokus penelitian dalam beberapa tahun terakhir, yaitu *U. ohnoi* dan *U. tepida* dari perairan di Australia (Magnusson *et al*., 2016), *U. lactuca* dari perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat (Nurjanah *et al*., 2018), *U. lactuca* dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Provinsi Aceh (Kurniawan *et al*., 2019), *U. lactuca* dari perairan Ujung Genteng, Sukabumi (Seulalae *et al*., 2023) dan *U. lactuca* dari Pantai Cibuaya, Jawa Barat (Nurjanah *et al*., 2020a; Nurjanah *et al*., 2024). Rumput laut jenis lain yang sudah diteliti di antaranya rumput laut merah *Actinotrichia fragilis* (Nurjanah *et al*., 2023), rumput laut cokelat *Turbinaria conoides* dan *Padina minor* (Nurjanah *et al*., 2020b), serta *Sargassum* sp. (Laily *et al*., 2019; Manteu *et al*., 2021; Nurjanah *et al*., 2021a; Nurjanah *et al*., 2021b; Nurjanah *et al*., 2022a; Nurjanah *et al*., 2022b; Seulalae *et al*., 2023).

Garam rendah natrium dari *U. lactuca* memiliki rasa umami yang terkandung secara alami karena pengaruh bahan baku yang digunakan (Seulalae *et al*., 2023). *Ulva lactuca* juga tersedia melimpah, tumbuh dengan cepat, dan mudah dibudidayakan (Cokrowati *et al.,* 2023). Sriwajuningsih *et al.* (2022) menyatakan bahwa *U. lactuca* merupakan jenis makroalga dengan nilai kelimpahan tertinggi di Kawasan Pantai Rancabuaya Garut dengan dominansi sebesar 27,238 ind/m^2. Sodiq & Arisandi (2020) menyebutkan bahwa rata-rata kelimpahan *U. lactuca* di tiga stasiun pengamatan di Pantai Selatan Gunungkidul sebanyak 22,166 ind/m^2, yang termasuk kelimpahan tertinggi di wilayah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa rumput laut *U. lactuca* memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam produksi garam fungsional.

Potensi yang dimiliki *U. lactuca* dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku garam fungsional berbanding lurus dengan kendala rendahnya rendemen garam yang dihasilkan. Kurniawan *et al*. (2019) menyatakan bahwa rendemen garam *U. lactuca* sebesar 25-27%. Nurjanah *et al*. (2024) juga melaporkan bahwa rendemen garam *U. lactuca* dari Pantai Cibuaya sebesar 23,67%. Rendahnya rendemen garam ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis bahan baku, waktu, suhu proses, dan perbandingan antara bahan dengan pelarut (Nurjanah *et al.,* 2020a). Pendekatan secara sistematis diperlukan untuk mengoptimalkan proses pembuatan garam *U. lactuca* menggunakan metode respons permukaan (*Response Surface Methodology* atau RSM) dengan desain *Box-Behnken*.

Metode RSM merupakan metode statistik yang dapat digunakan untuk menentukan model dan menganalisis masalah terkait optimalisasi respons dari beberapa variabel (Montgomery, 2013). Metode tersebut mengetahui respons atau kondisi optimal proses pembuatan garam *U. lactuca* yang mampu menghasilkan rendemen tertinggi berdasarkan kombinasi faktor yang memengaruhinya (Rahmawati *et al.,* 2022).

http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123

Desain *Box-Behnken* dipilih dari beberapa jenis desain metode RSM karena kelebihannya dalam efisiensi jumlah percobaan dan penempatan titik eksperimen yang aman di tengah rentang variabel (Fereira *et al.,* 2023). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi proses optimum pada produksi garam *U. lactuca* berdasarkan persentase rendemen tertinggi, mutu kimia, dan sensori menggunakan *Response Surface Methodology* dengan desain *Box-Behnken* (BBD).

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Garam *U. lactuca*

Rumput laut *U. lactuca* diperoleh dari pesisir Tanjung Gilimanuk, Bali. Rumput laut diolah menjadi bentuk tepung sebelum dibuat garam. Rumput laut dibersihkan dari kotoran yang menempel khususnya pasir pantai dengan mencucinya menggunakan air laut sebanyak tiga kali. Rumput laut yang sudah bersih dilakukan pengeringan matahari selama 1-3 hari dan pengeringan oven pada suhu 160°C selama 10 menit menggunakan api atas dan api bawah) dan dua kali tahap penghalusan menggunakan blender agar diperoleh bubuk *U. lactuca* yang halus. Bubuk *U. lactuca* diayak dengan saringan 200 *mesh*.

Prosedur pembuatan garam *U. lactuca* mengacu pada penelitian Seulalae *et al.* (2023) yang dimodifikasi. Tepung *U. lactuca* diekstraksi menggunakan akuades pada *waterbath* suhu 40°C selama rentang waktu dan suhu ekstraksi tertentu. Jumlah air, waktu, dan suhu ekstraksi ditentukan berdasarkan kombinasi yang diperoleh secara statistik melalui proses optimasi sesuai *Table 1*. Larutan hasil ekstraksi disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat garam *U. lactuca* dikeringkan dengan oven (kapasitas 18 liter, 220 VAC) pada suhu 233°C selama 30 menit dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 60°C selama 60 menit. Teknik pengeringan ini merupakan hasil modifikasi yang mampu menghasilkan filtrat *U. lactuca* menjadi *flakes* garam dengan mutu pengeringan yang paling merata. *Flakes* garam dihaluskan dengan blender untuk mendapatkan butiran garam *U. lactuca* yang homogen.

Desain Eksperimental

Desain Box-Behnken (BBD) dipilih sebagai rancangan menggunakan peranti lunak *Design-Expert* 13 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, Minnesota, Amerika Serikat). Tiga variabel yang digunakan dengan masing-masing tiga tingkatan yakni rasio tepung *U. lactuca* dan pelarut akuades (A = 1:5, 1:10, 1:15), waktu ekstraksi (B = 10, 15, dan 30 menit), dan suhu ekstraksi (C = 40, 55, dan 70°C). Kombinasi ketiga faktor tersebut menghasilkan 15 percobaan dengan tiga *center points* (*Table 1*).

Kisaran dari setiap variabel dimasukkan dalam perangkat lunak yang menghasilkan 15 *runs* formula (*Table 1*). Formula yang disarankan tersebut diterapkan dalam pembuatan garam *U. lactuca* yang dilihat pengaruhnya terhadap persentase rendemen, sebagai variabel tidak bebas atau respons yang diamati dalam penelitian ini. Rendemen ditunjukkan dalam bentuk 1 g garam *U. lactuca* yang diperoleh terhadap 100 g tepung *U. lactuca*. Rekomendasi formula optimum dari hasil analisis optimasi dilakukan verifikasi sebanyak tiga ulangan untuk menguji kesesuaian antara respons dari hasil prediksi dan aktual.

Analisis Mutu Kimia dan Cemaran Logam Berat

Garam *U. lactuca* yang dihasilkan dari kondisi optimal yang disarankan dari desain *Box-Behnken* dilakukan pengujian mutu kimiawi yang meliputi kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, dan air yang mengacu pada (BSN, 1992). Analisis kadar NaCl yang dihitung dari jumlah klorida dan kadar yodium sebagai Kalium Iodat mengacu pada (BSN, 2016). Analisis cemaran logam berat meliputi cemaran kadmium (Cd), raksa (Hg), dan timbel (Pb) mengacu pada (BSN, 2016).

Analisis Mutu Sensori

Pengujian sensori garam *U. lactuca* yang dihasilkan dari kondisi optimal mengacu pada BSN (2011) tentang petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensori. Pengujian sensori menggunakan 30 panelis tidak terlatih dan memiliki preferensi netral terhadap

This work is licensed under CC BY 4.0.

Table 1 Box-Behnken Design for optimization production process of *U. lactuca* seaweed salt
Tabel 1 Desain Box-Behnken untuk optimasi proses pembuatan garam *U. lactuca*

Experiments	Coded Levels					
	A		B		C	
	Solvent : solute ration (mL/g)		Extraction time (min)		Extraction temperature (°C)	
1	+1	(15)	0	(20)	-1	(40)
2	+1	(15)	+1	(30)	0	(55)
3	0	(10)	0	(20)	0	(55)
4	0	(10)	-1	(10)	-1	(40)
5	+1	(15)	0	(20)	+1	(70)
6	-1	(5)	0	(20)	+1	(70)
7	0	(10)	0	(20)	0	(55)
8	-1	(5)	+1	(30)	0	(55)
9	0	(10)	+1	(30)	-1	(40)
10	0	(10)	-1	(10)	+1	(70)
11	0	(10)	+1	(30)	+1	(70)
12	-1	(5)	0	(20)	-1	(40)
13	0	(10)	0	(20)	0	(55)
14	+1	(15)	-1	(10)	0	(55)
15	-1	(5)	-1	(10)	0	(55)

garam yang berasal dari 25 orang taruna dan 5 orang dosen Program Studi Pengolahan Hasil Laut Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana. Jenis atribut mutu yang diuji ialah warna butiran, warna seduhan, rasa, aroma, *mouthfeel, flavor, aftertaste,* dan *overall*. Pengujian sensori menggunakan metode pemeringkatan hedonik yang terdiri dari skala 1-9, mulai dari sangat amat tidak suka (1) hingga sangat amat suka (9). Sampel garam *U. lactuca* disajikan dalam bentuk butiran 5 g dan larutan 15 mL. Persiapan penyajian garam dalam bentuk larutan mengacu pada Seulalae *et al*. (2023) dengan modifikasi pada volume air yang ditambahkan. Penelitian tersebut menyajikan larutan garam *U. lactuca* kepada panelis dengan konsentrasi 0,8%, sementara penelitian yang dilakukan ini menyajikan dengan konsentrasi 1,6%. Penerapan konsentrasi 0,8% dalam penelitian ini menghasilkan tingkat keasinan yang terlalu rendah sehingga diperlukan peningkatan konsentrasi agar tingkat keasinan larutan dapat dirasakan panelis dengan baik.

Analisis Data

Model persamaan diuji melalui analisis varian (ANOVA) dengan α = 0,05 (Montgomery, 2013). Model persamaan kuadratik yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada rumus di bawah ini. Nilai Xi dan Xj sebagai variabel *independen* yang memengaruhi respons, nilai β_0, β_i, β_{ii}, dan β_{ij} sebagai koefisien model regresi yang menunjukkan intersep, linearitas, kuadratik, dan interaksi, sementara nilai k menunjukkan jumlah variabel (Hasanah *et al.,* 2023).

$$Y = \beta_0 + \Sigma_{j=1}^{k} \beta_j X_j + \Sigma_{j=1}^{k} \beta_{jj} X_j^2 + \Sigma\Sigma \beta_{ij} X_i X_j$$

Penentuan parameter proses optimal dilakukan penetapan kriteria yang meliputi *goal* dan *importance level* yang ditetapkan pada masing-masing faktor dan respons

http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123

(Widyasaputra *et al.,* 2019). *Goal* menunjukkan sasaran nilai optimum yang diinginkan, yang ditunjukkan dalam kisaran (*in range*), minimal (*minimize*), maksimal (*maximize*), dan target (*target*), sementara *Importance* menunjukkan tingkat kepentingan faktor atau respons dengan rentang 1 (+) hingga 5 (+++++). Hasil optimasi kemudian dilanjutkan ke tahapan verifikasi sebanyak 3 ulangan untuk dilihat hasilnya terhadap kisaran 95% *Confident Interval* (CI) dan 95% *Prediction Interval* (PI) (Hasanah *et al.,* 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons Persentase Rendemen

Respons persentase rendemen garam *U. lactuca* dari 15 percobaan berdasarkan desain *Box-Behnken* menghasilkan dua jenis respons yakni respons aktual dan respons prediksi. Setiap percobaan terdiri dari kombinasi faktor yang berbeda dan setiap kombinasi menghasilkan respons persentase rendemen yang berbeda pula. Respons aktual persentase rendemen berkisar pada 16,00–39,33%, sementara respons prediksi berkisar pada 16,42–38,08%. Hasil respons aktual dan prediksi persentase rendemen garam *U. lactuca* dapat dilihat pada *Figure 1.*

Model *Fitting*

Hasil *Fit Summary* pada perangkat lunak *Design Expert 13.0*® (*Table 2*) menunjukkan bahwa model yang disarankan untuk respons rendemen garam *U. lactuca* adalah kuadratik. Hal tersebut didukung berdasarkan hasil analisis ANOVA yang menunjukkan bahwa model respons memiliki nilai yang signifikan (nilai *sequential p-value* < 0,05). Selain itu, hasil *lack of fit p-value* menunjukkan nilai yang tidak signifikan (*p value* > 0,05) yang mengindikasikan bahwa model matematis kuadratik cocok digunakan dalam pengujian ini. Hasil selisih antara *adjusted* R^2 (0,9687) dengan *predicted* R^2 (0,8848) juga menunjukkan kurang dari 0,2 yang mengimplikasikan bahwa variable *predicted* R^2 dan *adjusted* R^2 memiliki kecocokan yang dapat diterima. Faktor lainnya ialah nilai *Adequate Precision* yang mengindikasikan bahwa model dapat digunakan untuk mengarahkan ruang desain (23,23 > 4,0).

Hasil ANOVA dari *Table* 3 menunjukkan bahwa faktor A (rasio penambahan pelarut akuades dan tepung *U. lactuca*), faktor C (suhu ekstraksi), faktor AC (interaksi antara rasio penambahan pelarut akuades dan tepung *U. lactuca* terhadap suhu ekstraksi), faktor A^2 (interaksi kuadratik dari rasio penambahan pelarut akuades dan tepung *U. lactuca*), faktor B^2 (interaksi kuadratik dari waktu ekstraksi), dan faktor C^2 (interaksi kuadratik dari suhu ekstraksi) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persentase rendemen garam *U. lactuca*. Sementara itu faktor B (waktu perendaman) tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Model matematis dari respons persentase rendemen (Y) dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$Y = 4{,}42A^{*} + 0{,}25B + 6{,}00C^{*} + 4{,}83AC^{*} - 6{,}61A^{2*} - 2{,}28B^{2*} - 2{,}11C^{2*}$$

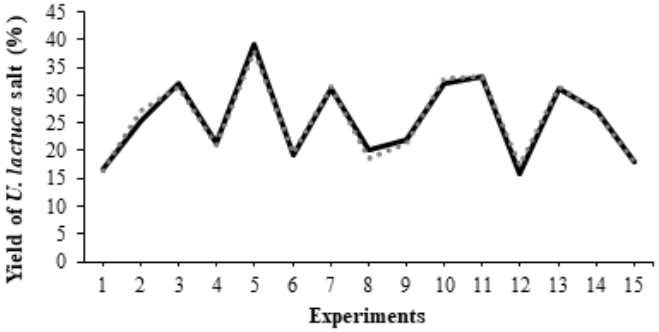


Figure 1 Responses for actual (—) and predicted (...) values of *U. lactuca* salt yield percentage
Gambar 1 Respons aktual (—) dan prediksi (...) persentase rendemen garam *U. lactuca*

This work is licensed under CC BY 4.0.

Table 2 Fit summary response of the quadratic model for the yield of *U. lactuca* salt
Tabel 2 Respons *fit summary* dari model kuadratik rendemen garam *U. lactuca*

Parameter	Yield
Model significant	quadratic
Sequential p-value	0.0006
Lack of fit	0.0608
Adj R^2 model	0.9687
Pred R^2 model	0.8848
Adeq precision	23.2303

Table 3 Analysis of variance for the response surface quadratic model of *U. lactuca* salt
Tabel 3 Analisis sidik ragam dari respon model kuadratik *U. lactuca*

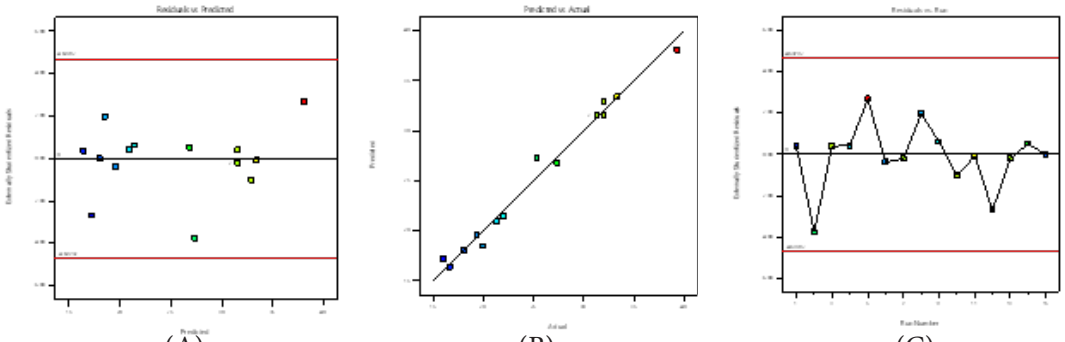
Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-value	p-value	
Model	718.92	7	102.70	62.99	<0,0001	Significant
A-Solvent/material ratio	156.03	1	156.03	95.69	<0.0001	
B-Extraction time	0.5000	1	0.5000	0.3067	0.5970	
C-Temperature time	287.88	1	287.88	176.56	<0.0001	
AC	93.41	1	93.41	57.29	0.0001	
A^2	161.35	1	161.35	98.96	<0.0001	
B^2	19.16	1	19.16	11.75	0.0110	
C^2	16.45	1	16.45	10.09	0.0156	
Residual	11.41	7	1.63			
Lack of Fit	11.11	5	2.22	14.85	0.0643	Not significant
Pure Error	0.2993	2	0.1496			
Cor Total	730.33	14				

Keterangan:
A = rasio pelarut/material
B = waktu perendaman
C = suhu perendaman
*signifikan pada p<0,01

Model matematis respons persentase rendemen garam *U. lactuca* berdasarkan hasil ANOVA (*Table 3*) menunjukkan hasil yang signifikan (p<0,05). Prediksi yang dihasilkan model menggambarkan bahwa kondisi optimal untuk menghasilkan rendemen dengan persentase tertinggi ditentukan menggunakan 15 mL/g rasio pelarut/tepung *U. lactuca,* 20 menit waktu ekstraksi, pada suhu 70°C (*Figure 1*).

Nilai koefisien faktor pada persamaan rumus sebelumnya juga menunjukkan bahwa peningkatan rasio akuades dan suhu perendaman secara individual serta peningkatan level kombinasi faktor rasio akuades dan suhu perendaman mampu meningkatkan jumlah rendemen secara signifikan (p<0,01). Sementara itu, kenaikan interaksi kuadratik rasio akuades, interaksi kuadratik waktu perendaman, dan interaksi kuadratik suhu perendaman dapat menurunkan jumlah rendemen garam rumput laut secara signifikan (p<0,01). Meskipun demikian, peningkatan waktu perendaman tidak berpengaruh signifikan (p>0,05) terhadap peningkatan jumlah rendemen garam rumput laut.

http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123



(A) (B) (C)

Figure 2 (A) residual vs predicted, (B) predicted vs actual, and (C) residual vs run
Gambar 2 (A) residu vs prediksi, (B) prediksi vs aktual, dan (C) residu vs *run*

Distribusi dari sebaran data pada kisaran garis horizonal 4,69 dapat dilihat pada *Figure 2*. Berdasarkan distribusi sebaran data pada kisaran garis horizontal, menunjukkan bahwa persentase rendemen garam *U. lactuca* baik dari nilai prediksi maupun aktual pada 15 percobaan memiliki residual sebesar 4,69. Hal ini mengindikasikan bahwa model kuadratik yang ditetapkan dalam persamaan respons persentase rendemen (Y) di atas menghasilkan respons prediksi yang tinggi (Wang *et al.,* 2020). Sebaran data juga berada pada garis lurus yang menunjukkan bahwa nilai aktual persentase rendemen garam *U. lactuca* memiliki data yang mirip dengan nilai prediksi (Ahmad *et al.,* 2015).

Pengaruh Rasio Pelarut/Material, Waktu Ekstraksi, dan Suhu Ekstraksi terhadap Persentase Rendemen

Parameter rasio pelarut/material (tepung *U. lactuca),* waktu ekstraksi, dan suhu ekstraksi menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap persentase rendemen garam *U. lactuca*. *Figure 3a* dan *Figure 3b* menunjukkan bahwa tingginya rasio penambahan pelarut dan makin lamanya waktu ekstraksi serta makin tingginya suhu ekstraksi maka makin menurunkan persentase rendemen.

Persentase rendemen garam *U. lactuca* makin meningkat dengan makin rendahnya rasio penambahan pelarut dan makin rendahnya waktu ekstraksi. Makin lama waktu ekstraksi dan makin tinggi suhu ekstraksi, makin menurunkan persentase rendemen garam *U. lactuca* (*Figure 3c*). Berdasarkan *Table 3*, rasio penambahan pelarut/material merupakan parameter yang memengaruhi model secara signifikan (p<0,05), sementara waktu ekstraksi tidak memengaruhi model secara signifikan (p>0,05).

Penurunan persentase rendemen dapat dipengaruhi kadar serat pangan pada *U. lactuca*. Jasmadi *et al.* (2022) melaporkan bahwa kadar serat pangan *U. lactuca* sebesar 64,23%. Yaich *et al.* (2011) menambahkan bahwa selain total pangan, *U. lactuca* juga memiliki serat tidak larut sebesar 34,37±0,76% dan serat larut sebesar 20,53±0,28%. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa komposisi kandungan serat tidak larut pada *U. lactuca* terdiri dari hemiselulosa (20,6%), selulosa (9,13%), dan lignin (1,56%). Proses perendaman tepung *U. lactuca* dalam pelarut akuades menyebabkan terjadinya pengikatan air oleh pektin dan hemiselulosa sehingga viskositas larutan meningkat. Hal ini menyebabkan filtrat garam yang dihasilkan tidak maksimal (Nurjanah *et al.,* 2020a).

Pemilihan Parameter Proses Optimal

Parameter proses optimal dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan menggunakan metode numerik (Hidayat *et al.,* 2021). Faktor dan kriteria respons untuk menentukan kondisi optimal dari rendemen garam *U. lactuca* dapat dilihat pada *Table 4*. Berdasarkan faktor dan kriteria respons tersebut diperoleh prediksi kondisi optimum

This work is licensed under CC BY 4.0.

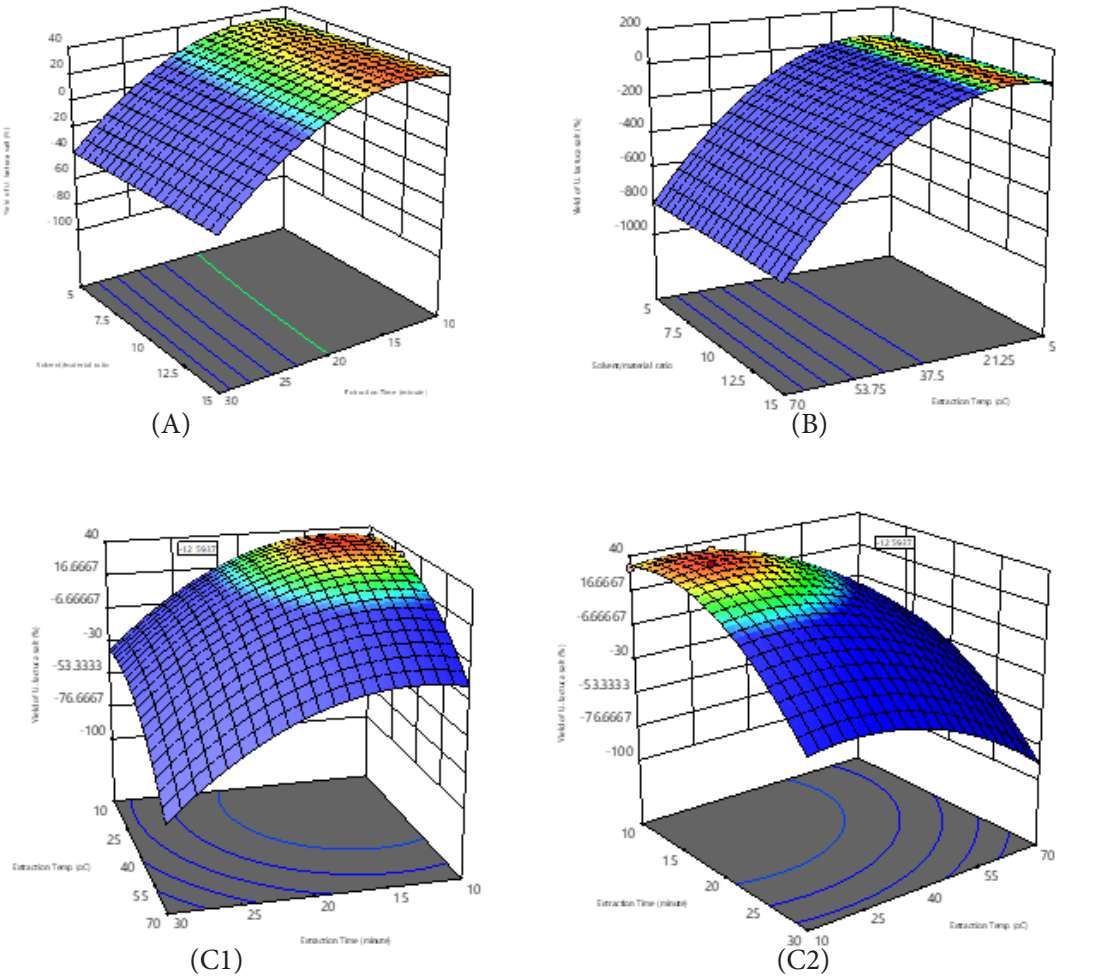


Figure 3 Response surface plots showing for the effects of yield of *U. lactuca* salt, (A) extraction time and solvent/material ratio, (B) extraction temperature and solvent/material ratio, (C1 and C2) extraction time and extraction temperature

Gambar 3 Plot respons permukaan terhadap pengaruh rendemen garam *U. lactuca*, (A) waktu ekstraksi dan rasio pelarut/material, (B) suhu ekstraksi dan rasio pelarut/material, (C1 dan C2) waktu ekstraksi dan suhu ekstraksi

Table 4 Factor and response criteria for determining optimum condition of the yield of *U. lactuca* salt

Tabel 4 Faktor dan kriteria respons untuk menentukan kondisi optimal rendemen garam *U. lactuca*

Factor/response	Goal	Limit		Importance
		Lower	Upper	
Solvent/material ratio	In range	5	15	+++
Extraction time	Minimize	10	30	+
Extraction temperature	In range	40	70	+++
Yield of *U. lactuca* salt	Maximize	16	39.33	+++++

http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.62123

yakni pada rasio tepung dan pelarut sebesar 1:13,5, waktu ekstraksi selama 12 menit, dan suhu ekstraksi sebesar 70°C. Berdasarkan analisis, hasil tersebut menunjukkan nilai *desirability* yang tinggi yakni sebesar 0,901. Tingginya nilai *desirability* berkaitan dengan kemiripan hasil antara prediksi dan aktual (Widyasaputra *et al.,* 2019). Perbandingan kedua variabel tersebut dapat dilihat pada *Table 5*.

Table 5 menunjukkan nilai prediksi optimum untuk persentase rendemen garam *U. lactuca* sebesar 31,55%. Verifikasi dari proses optimum sebanyak tiga ulangan menghasilkan nilai persentase rendemen sebesar 31,81±1,63%, yang terdapat selisih 0,82% dibanding nilai prediksi. Verifikasi persentase rendemen garam *U. lactuca* yang dihasilkan masih berada dalam kisaran 95% CI dan 95% PI. Hasil verifikasi membuktikan bahwa model dapat digunakan untuk memprediksi kondisi proses optimum dan memprediksi respons jika kondisi proses yang ditetapkan sesuai kondisi optimum. Persentase rendemen garam *U. lactuca* yang diperoleh tersebut memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding penelitian serupa (Kurniawan *et al.,* 2019). Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya teknik pengadukan (agitasi) dalam proses ekstraksi dan pemasakan garam *U. lactuca*. Nomleni *et al.* (2022) menjelaskan bahwa proses pengadukan mampu memecahkan dinding sel sehingga kandungan mineral dapat terkonsentrasi.

Mutu Kimiawi dan Cemaran Logam Berat

Hasil pengujian komposisi kimia garam *U. lactuca* hasil optimasi menunjukkan bahwa kadar abu, protein, karbohidrat, dan air hasil penelitian lebih tinggi dibandingkan garam *U. lactuca* yang dihasilkan penelitian lain sesuai *Table 6*. Meskipun demikian, kadar lemak garam *U. lactuca* dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian lainnya. Perbedaan nilai nutrisi dalam garam *U. lactuca* dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku rumput laut tersebut. Ahmad *et al.* (2015) menyatakan bahwa bervariasinya nilai nutrisi dalam rumput laut dipengaruhi oleh faktor musim, lokasi geografi, jenis spesies, umur panen, dan kondisi lingkungan.

Hasil analisis komposisi kimia menunjukkan bahwa komponen tertinggi dalam garam *U. lactuca* adalah kadar abu sebesar 59,97%, sementara komponen terendah pada kadar lemak sebesar 0,25%. Tingginya kadar abu mengindikasikan tingginya kandungan mineral yang tersimpan dari suatu bahan (Nasruddin *et al*., 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mineral yang terkandung dalam garam *U. lactuca* terdiri dari kadar NaCl (27,31%), yodium (<0,35%), kadmium (0,07 mg/kg), merkuri (<0,002 mg/kg), dan timbal (3,6 mg/kg). Jika dibandingkan dengan SNI 8208:2016 tentang garam diet, garam *U. lactuca* mengandung NaCl yang masih berada dalam rentang standar maksimum 60%, kadar yodium yang lebih rendah (standar minimum 30%), dengan kadar kadmium, merkuri, dan timbal yang berada di bawah batas maksimum cemarannya. Nurjanah *et al.* (2023b) menyatakan bahwa *U. lactuca* juga mengandung kalsium (0,038 mg/kg), magnesium (0,025 mg/kg), kalium (0,019 mg/kg), dan besi (0,0004 mg/kg).

Hasil pengujian proksimat garam *U. lactuca* juga menunjukkan bahwa komponen kedua tertinggi adalah karbohidrat total sebesar 15,460%. Jika dibandingkan dengan penelitian dari Nufus *et al.* (2018), jumlah karbohidrat total yang terkandung dalam sampel hasil penelitian lebih besar 12,590%. Ma'ruf *et al.* (2013) menyatakan bahwa kadar

Table 5 Predicted and experimental values of the yield of *U. lactuca* salt response under optimal conditions

Tabel 5 Nilai prediksi dan eksperimental dari respons rendemen garam *U. lactuca* dalam kondisi optimal

Response	Optimum values		95% CI	95% PI
	Predicted*	Experimental*		
Yield (%)	31.55	31.81±1.63	29.81 – 33.29	24.25 – 38.86

This work is licensed under CC BY 4.0.

Table 6 Chemical characteristics and metal contamination of optimized *U. lactuca* salt
Tabel 6 Karakteristik kimia dan cemaran logam garam *U. lactuca* hasil optimasi

Parameters	Result	Reference	Source*
Ash content (%)	59.97	41.34	(Nufus *et al.*, 2018)
Protein levels (%)	3.59	3.40	(Nufus *et al.*, 2018)
Fat content (%)	0.25	2.44	(Nufus *et al.*, 2018)
Total carbohydrate (%)	15.46	2.87	(Nufus *et al.*, 2018)
Moisture content (%)	10.49	≤0.500	SNI 8208:2016
NaCl levels (% b/b)	27.31	18.98±0.29	(Seulalae *et al.*, 2023)
		≤60	SNI 8208:2016
Iodine levels (% b/b)	< 0.35	≥30	SNI 8208:2016
Cadmium (mg/kg)	0.07	≤0.50	SNI 8208:2016
Mercury (mg/kg)	< 0.002	≤0.10	SNI 8208:2016
Lead (mg/kg)	3.6	≤10.00	SNI 8208:2016

karbohidrat dalam rumput laut berkaitan dengan kandungan serat, sementara kandungan serat berkaitan pula dengan kandungan polisakarida dalam sel rumput laut. Jenis polisakarida yang terkandung dalam rumput laut *U. lactuca* adalah jenis xiloglukan, glukoranan, dan karagenan (Santi *et al*., 2012; Triwisari, 2010).

Mutu Sensori

Hasil pengujian karakteristik sensori dapat dilihat pada *Figure 4,* yang menunjukkan bahwa dari kedelapan atribut mutu sensori yang diujikan, atribut *overall* memperoleh nilai respons tertinggi yakni 4,8±1,21 (netral) sementara atribut rasa memperoleh nilai respons terendah yakni 4,2±1,69 (agak tidak disukai).

Garam *U. lactuca* yang dihasilkan memiliki butiran garam (4,6±1,83, netral) dan larutan berwarna berwarna hijau kecokelatan (4,5±1,63, netral), sementara warna garam sesuai standar ialah putih bersih. Makin putih dan bersih butiran garam, maka makin tinggi mutunya (Rusiyanto *et al.,* 2013). Warna butiran dan larutan garam *U. lactuca* dipengaruhi oleh warna bahan baku *U. lactuca* yang mengalami perubahan dari hijau menjadi hijau kecokelatan karena proses *browning* non enzimatis saat proses pengeringan (Masrikhiyah & Wahyani, 2020) serta proses oksidasi pigmen klorofil yang terkandung dalam *U. lactuca* (Erniati *et al.,* 2018). *Ulva lactuca* mengandung klorofil sebanyak 7,45±0,09 µg/g (Sari & Suharyanto, 2020). Proses pemanasan pada

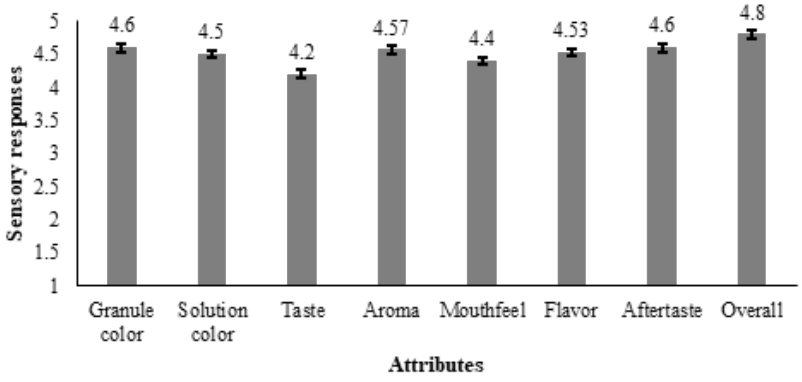


Figure 4 Sensory characteristics of *U. lactuca* salt
Gambar 4 Karakteristik sensori garam *U. lactuca*

saat pengolahan garam *U. lactuca* mampu menyebabkan perubahan klorofil menjadi senyawa turunannya yakni feofitin yang memberikan warna hijau kecokelatan pada garam *U. lactuca* yang dihasilkan.

Atribut rasa memperoleh nilai respons terendah dibanding atribut lain karena timbulnya rasa dan *aftertaste* pahit dari garam *U. lactuca* yang dicicip oleh panelis. Rasa dan *aftertaste* pahit disebabnya karena adanya kandungan mineral khususnya magnesium dan kalsium (Seulalae *et al.,* 2023). Garam *U. lactuca* yang dihasilkan penelitian Nurjanah *et al*. (2020a) mengandung magnesium sebesar 2,30±0,12 mg/g dan kalsium sebesar 4,72±0,05 mg/g. Meskipun terdapat rasa dan *aftertaste* pahit, garam *U. lactuca* memiliki karakteristik rasa, aroma, dan *flavor* umami yang khas. Hal tersebut didukung dari kandungan asam amino glutamat yang dimiliki oleh *U. lactuca* (13-51 mg/100 g) (Milinovic *et al.,* 2020).

KESIMPULAN

Kondisi optimum dari pembuatan garam *U. lactuca* adalah rasio tepung dan pelarut sebesar 1:13,5, waktu ekstraksi selama 12 menit, dan suhu ekstraksi 70°C. Verifikasi dari parameter ini menghasilkan respons rendemen sebesar 31,81±1,63%. Komposisi kimia tertinggi garam *U. lactuca* ialah kadar abu dan terendah kadar lemak. Garam *U. lactuca* mengandung NaCl sebesar 27,310% dan terdeteksi aman dari cemaran logam berat. Nilai respons sensori garam *U. lactuca* untuk atribut warna butiran, warna larutan, rasa, aroma, *mouthfeel, flavor, aftertaste,* dan *overall* berkisar pada rentang respons agak tidak disukai hingga netral.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan melalui pendanaan Basis Informasi Penelitian dan PkM (BIMA KKP) Tahun 2024 untuk Skema Dosen Pemula Lokus Penelitian dan Inovasi bidang (LOLITA) Keteknikan Pangan atas nama Anis Khairunnisa.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A., Alkharfy, K.M., Wani, T.A., & Raish, M. (2015). Application of box-behnken design for ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Paeonia emodi. International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 990-997. https://doi/org/10.1016/j.ojbiomac.2014.10.011

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. (1992). Cara Uji Makanan dan Minuman. SNI 01-2891-1992.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2011). Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori. SNI 01-2346-2006_Rev 2011.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2016). Garam Konsumsi Beriodium. SNI 3556-2016.

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. http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4654

Erniati, Zakaria, F.R., Prangdimurti, E., & Adawiyah, D.R., & Priosoeryanto, B.P. (2018). Penurunan logam berat dan pigmen pada pengolahan *geluring* rumput laut *Gelidium* sp., dan *Ulva lactuca. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 21(2), 266-275.

Fereira, N., Viana, T., Henriques, B., Tavares, D.S., Jacinto, J., Colonia, J., Pinto, J., & Pereira, E. (2023). Application of response surface methodology and box-behnken design for the optimization of mercury removal by *Ulva* sp. *Journal of Hazardous Materials*, 445, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130405

Harsha, M.E., Madhusudan, S., & Revathy, B. (2023). The sea lettuce *Ulva* sensu lato: future food with health-promoting bioactives. *Algal Research*, 71. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103069

Hasanah, Y.M., Raharjo, S., Pranoto, Y., & Ningrum, A. (2023). The optimization of soil extraction by surfactant-assited aqueous extraction process of rice bran (*Oryza sativa* L.) using *Box-Behnken* design. *Food Research*, 7(5), 219-225. https://doi/org/10.26656/fr.2017.7(5).968

Hidayat, B., Hasanudin, U., Muslihudin, M.,

This work is licensed under CC BY 4.0.

Akmal, S., Nurdjanah, S., & Yuliana, N. (2021). Optimasi proses fermentasi semi padat onggok singkong menggunakan metode *response surface methodology* (RSM). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 21(2), 118-128. https://doi/org/10.25181/jppt.v21i2.2075

Jasmadi, Kusnadi, A., Kumayanjati, B., Triandiza, T., Pesilette, R.N., Ainarwowa, A., Yamko, A.K., Pary, B.R., & Kurnianto, D. (2022, June 03-05). Nutritional values of *Sargassum* sp., *Ulva* sp., and *Padina* sp. from South East Mollusca Island water [Conference session]. The 5th International Marine and Fisheries Symposium (ISMF 2022). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. https://doi.org/10.1088/17551315/1119/1/012043

Kurniawan, R., Nurjanah, Jacoeb, A.M., Abdullah, A., & Pertiwi, R.M. (2019). Karakteristik garam fungsional dari rumput laut hijau *Ulva lactuca*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 573-580.

Laily, W.M., Izzati, M., & Haryanti, S. (2019). Kandungan mineral dan logam berat pada garam yang diekstrak dari rumput laut *Sargassum* sp. menggunakan metode dibilas dan direndam. *Jurnal Pro-Life*, 6(3), 274-285.

Manteu, S.H., Nurjanah, Abdullah, A., Nurhayati, T., & Seulalae, A.V. (2021). Efektivitas karbon aktif dalam pembuatan garam rumput laut cokelat (*Sargassum polycystum* dan *Padina minor*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 24(3), 407-416.

Masrikhiyah, R., & Wahyani, A.D. (2020). Karakteristik kimia dan fisik bubuk rumput laut *Gracilaria sp* dengan agen pemucat NaOCl. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 93-98.

Magnusson, M., Carl, C., Mata, L., Nys, Rd., & Paul, N. A. (2016). Seaweed salt from *Ulva*: A novel first step in a cascading biorefinery model. *Algal Research*, 16(2016), 308-316. https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.03.018

Ma'ruf, W.F., Ratna, I., Eko, N.D., Eko, S., & Ulfah, A. (2013). Profil rumput laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* sebagai edible food. *Jurnal Saintek Perikanan*, 9(1), 68-74.

Milinovic, J., Campos, B., Mata, P., Diniz, M., & Noronha, J.P. (2020). Umami free amino acids in edible green, red, and brown seaweeds from the Portuguese seashore. *Journal of Applied Phycology*, 32, 3331–3339. https://doi.org/10.1007/s10811-020-02169-2

Montgomery, D.C. (2013). Desain and analysis of experiments. Jhon wiley&Sons, Inc.

Nasruddin, Asikin, A.N., & Kusumaningrum, I. (2016). Pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karagenan dari *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis,* 21(2), 55-63.

Nomleni, E.R., Henggu, K.U., & Meiyasa, F. (2022). Ekstraksi garam dari rumput laut *Caulerpa lentilifera* dengan kombinasi perlakuan agitasi dan *non* agitasi pada suhu yang berbeda. *Journal of Marine Research,* 11(4), 609-619. https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35084

Nufus, C., Abdullah, A., & Nurjanah. (2018, October 9-10). Characteristics of green seaweed salt as alternative salt for hypertensive patients [Conference session]. The 3rd EMBRIO International Workshop on Marine Biodiversity: Understanding, Utilization, Conservation 9–10 October 2018, Bogor, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science. https://doi.org/ 10.1088/1755-1315/278/1/012050

Nurjanah., Abdullah, A., Darusman, H. S., Diaresty, J. V. G., & Seulalae, A. V. (2021a). The antioxidant activity of seaweed salt from *Sargassum polycystum* in Sprague-Dawley male white rats. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 12(4), 2601-2609.

Nurjanah., Abdullah, A., Jacoeb, A. M., Prameswari, D. K., & Seulalae, A. V. (2022a, September 06-07). Effect of the ratio *Limnocharis* sp. and *Sargassum* sp. on the characteristics of seaweed salt [Conference session]. 5th EMBRIO International Symposium: Sustainable Development of Fisheries and Marine Resource Amidst Covid-19 Era and

Beyond 06/09/2021-07/09/2021 Online. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1033 012050.

Nurjanah., Abdullah, A., Rahmadhani, A., & Seulalae, A.V. (2021b). Antioxidant activity and combination characteristics of filtrates and *Sargassum polycystum* seaweed salt residue. *Kuwait Journal of Sciences*, 49(3), 1-14. https://doi.org/10.48129/kjs.11807

Nurjanah, Chandabalo, Abdullah, A., & Seulalae, A.V. (2022b). Pemanfaatan kombinasi rumput laut dan ubi jalar ungu yang ditambahkan garam rumput laut sebagai minuman kaya serat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 25(2), 307-321. http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.42068

Nurjanah, Jacoeb, A.M., Ramlan, & Abdullah, A. (2020a). Penambahan genjer (*Limnocharis flava*) pada pembuatan garam rumput laut hijau untuk penderita hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*, 23(3), 459-469.

Nurjanah, Abdullah, A., & Diachanty, S. (2020b). Characteristics of *Turbinaria conoides* and *Padina minor* as raw materials for healthy seaweed salt. *Pharmacognosy Journal*, 12(3), 624-629. http://dx.doi.org/10.5530/pj.2020.12.93

Nurjanah, N., Jacoeb, A. M., Abdullah, A., Priyanto, J. A., Nurdin, N. M., & Seulalae, A. V. (2023a). Study of *Actinotrichia fragilis* Indonesian red seaweed as raw material for healthy salt. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 18(1), 1-8. http://dx.doi.org/10.15578/squalen.753

Nurjanah, Abdullah, A., & Nufus, C. (2018). Karakteristik sediaan garam *Ulva lactuca* dari perairan sekotong Nusa Tenggara Barat bagi pasien hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,* 21(1), 109-117. https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21455

Nurjanah, Nurilmala, M., Alfarizi, S., Rochima, E., Wahyuni, D. S., & Seulalae, A. V. (2024). Characterization of seaweed healthy salt from Indonesian *Ulva lactuca* and *Chaetomorpha* sp. flour [Conference session]. The 6th EMBRIO International Symposium: "Ocean for Prosperity: Sustainably Use of the Ocean Resources for Economic Growth, Improvement of Livelihoods, and Preserve its Ocean Ecosystem Health" (EIS 2023), Bogor, Indonesia (2024). https://doi.org/10.1051/bioconf/202414701029

Nurjanah, Ramlan, Jacoeb, A.M., & Seulalae, A.V. (2023b). Komposisi kimia tepung dan aktivitas antioksidan ekstrak *Ulva lactuca* dan genjer (*Limnocharis flava*) sebagai bahan baku pembuatan garam rumput laut. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan,* 18(1), 63-74. https://doi.org/10.15578/jpbkp.v18i1.931

Rahmawati, I., Fachri, B.A., Nurtsulutsiyah, Manurung, Y.H., Reza, M., Palupi, N., Rizkiana, M.F., & Amini, H.W. (2022). Penerapan *response surface methodology* dalam optimasi kondisi proses ekstraksi antosianin pada limbah kulit kakao dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol. *Jurnal Kimia dan Terapannya*, 6(1), 24-31. https://doi.org/10.17977/um0260v6i12022p024

Rusiyanto, Soesilowati, E., & Jumaeri. (2013). Penguatan industri garam nasional melalui perbaikan teknologi budidaya dan diversifikasi produk. *Sainteknol*, 11(2), 129-142.

Santi, R.A., Sunarti, T.C., Santoso, D., & Triwisari, D.A. 2012. Komposisi kimia dan profil polisakarida rumput laut hijau. *Jurnal Akuatika,* III (2), 105-114.

Sari, W.K.P., & Suharyanto. (2020). Kandungan pigmen dan potensi antioksidan beberapa jenis makroalga dari Pantai Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan,* 16(1), 33-42. http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v16i1.674

Seulalae, A.V., Prangdimurti, E., Adawiyah, D.R., & Nurjanah. (2023). Evaluasi tingkat keasinan relative dan profil sensori garam rumput laut menggunakan metode *magnitude estimation* dan *rate-all-that-apply* (RATA). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 56-66. https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.44466

This work is licensed under CC BY 4.0.

Sriwajuningsih, Hernawati, D., & Raharjo, C.M. (2022). Analisis keranekaragaman dan kelimpahan makroalga di Kawasan Pantai Rancabuaya Desa Purbayani Kabupaten Garut. *Journal Scientific of Mandalika,* 3(3), 117-126.

Sodiq, A.Q., & Arisandi, A. (2020). Identifikasi dan kelimpahan makroalga di Pantai Selatan Gunungkidul. *Juvenil*, 1(3), 325-330.

Triwisari, D.A. (2010). Fraksinasi polisakarida beberapa jenis rumput laut. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.

Wang, Y., Zhao, L., Zhang, R., Yang, X., Sun, Y., Shi, L., & Xue, P. (2020). Optimization of ultrasound-assisted extraction by response surface methodology, antioxidant capacity, and tyrosinase inhibitory activity of anthocyanins from red rice bran. *Food Science and Nutritions*, 8(2), 921-932. https://doi/org/10.1002/fsn3.1371

Widyasaputra, R., Syamsir, E., & Budijanto., S. (2019). Optimization of process parameters of parboiled black rice using response surface methodology. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 07(1), 102-111. https://doi/org/10.12944/CRNFSJ.7.1.11

Yaich, H., Garna, H., Berbes, S., Paquot, M., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry,* 128, 895-901. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.114