

Evaluasi Karakteristik Sensoris dan Fisikokimia Nori dari Rumput Laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* dengan Variasi Media Rendaman

Jason P. Kenardi¹, Marito G. Sitanggang¹, Luh Dian Rna Fajarini^{1*}, Ni Luh Ari Yusasrini¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Jl. Raya Kampus UNUD, Jimbaran, Bali, 80361. Indonesia.

*e-mail korespondensi: dianrna@unud.ac.id rna.dian95@gmail.com

e-mail penulis: jasonpatrick552@gmail.com¹, maritositanggang04@gmail.com¹,
ariyusasrini@unud.ac.id¹

*Evaluation of Sensory and Physicochemical Characteristics of Nori from *Ulva lactuca* and *Eucheuma cottonii* Seaweed with Variations in Soaking Media*

ABSTRACT

*This study aimed to evaluate the effects of different soaking media mineral water, rice-wash water, 1% Ca(OH)₂, and 1% citric acid on the sensory, chemical, and physical qualities of nori produced from a mixture of *Ulva lactuca* (95%) and *Eucheuma cottonii* (5%). The results showed that the soaking treatments had a significant effect on the color, aroma, flexibility, crispness, moisture content, and hardness of the nori. The rice-wash water treatment produced the best overall performance, with the lowest moisture content (3.01%), the highest flexibility score (3.03), and the highest panelist acceptance score (3.58). The 1% Ca(OH)₂ treatment provided the best green-color stability ($a^* -7.00$) and the lowest hardness (9.847 N), whereas the 1% citric acid treatment resulted in the most degraded coloration ($a^* 2.70$) and the highest hardness (21.076 N). Differences among treatments were influenced by pH-driven modifications of polysaccharide structures, ionic interactions, and depolymerization mechanisms.*

Keywords: Nori; Seaweed; *Ulva lactuca*; *Eucheuma cottonii*; Soaking

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai media perendaman air mineral, air cucian beras, Ca(OH)₂ 1%, dan asam sitrat 1% terhadap kualitas sensori, kimia, dan fisik nori berbahan dasar campuran *Ulva lactuca* (95%) dan *Eucheuma cottonii* (5%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman memberikan pengaruh signifikan terhadap warna, aroma, kelenturan, kerenyahan, kadar air, dan kekerasan nori. Perlakuan air cucian beras menghasilkan kinerja terbaik secara keseluruhan dengan kadar air terendah (3,01%), kelenturan tertinggi (3,03), serta skor penerimaan panelis tertinggi (3,58). Perlakuan Ca(OH)₂ 1% memberikan stabilitas warna hijau terbaik ($a^* -7,00$) dan kekerasan terendah (9,847 N), sementara asam sitrat 1% menunjukkan warna paling terdegradasi ($a^* 2,70$) dan kekerasan tertinggi (21,076 N). Perbedaan antar perlakuan dipengaruhi oleh perubahan struktur polisakarida akibat kondisi pH, interaksi ionik, serta mekanisme depolimerisasi.

Kata kunci: Nori; Rumput laut; *Ulva lactuca*; *Eucheuma cottonii*; Perendaman

PENDAHULUAN

Nori merupakan produk pangan laut asal Jepang yang kaya nutrisi dan umumnya dibuat dari *Porphyra sp.* Namun, jenis tersebut tidak tumbuh di Indonesia sehingga kebutuhan nori domestik banyak dipenuhi melalui impor (Firmansyah dan Husni, 2021). Kondisi ini mendorong penelitian untuk mencari alternatif bahan baku lokal seperti *Gracilaria*, *Ulva*, *Eucheuma*, dan *Caulerpa*. *Ulva lactuca* menjadi salah satu kandidat utama karena melimpah di berbagai perairan Indonesia dan memiliki komposisi kimia yang kaya polisakarida, khususnya ulvan yang mencapai 9–36% biomassa kering (Rasyid et al., 2017; Mo'o et al., 2020). Sementara itu, *Eucheuma cottonii* merupakan sumber karagenan yang berperan penting dalam meningkatkan kekompakan, elastisitas, dan stabilitas produk olahan rumput laut (Yuliarti et al., 2023).

Kombinasi kedua rumput laut tersebut terbukti menjanjikan, dimana Tianasari et al. (2018) melaporkan bahwa campuran *Ulva lactuca* dan *E. cottonii* dengan perbandingan 95:5% mampu menghasilkan nori yang menyerupai produk komersial. Hal ini sejalan dengan temuan Ganesan et al. (2018) yang menunjukkan bahwa film komposit ulvan–karagenan memiliki *tensile strength* (TS) dan *elongation at break* (EAB) lebih tinggi dibandingkan film tunggal. Meski demikian, nori yang dihasilkan masih memiliki kelemahan, seperti tekstur yang kurang renyah serta aroma amis “fishy” yang tidak disukai panelis. Faktor ini berkaitan erat dengan jenis polisakarida penyusunnya, yang berpengaruh pada tekstur, kekerasan, elastisitas, dan kerapuhan. Aroma amis yang berasal dari senyawa amina juga perlu diminimalkan melalui *pre-treatment* perendaman menggunakan bahan tertentu untuk meningkatkan kualitas sensoris (Xiren dan Aminah, 2014 dalam Purnomo et al., 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa jenis media rendaman berperan penting dalam memperbaiki karakteristik polisakarida seperti ulvan dan karagenan, sekaligus mengurangi aroma amis, misalnya penggunaan asam sitrat (Poeloengasih et al., 2022), kalsium hidroksida (Jiang et al., 2022; Sari et al., 2021), dan air cucian beras (Purnomo et al., 2021). Namun, belum ada penelitian komprehensif yang membandingkan berbagai jenis media rendaman pada kombinasi *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku nori. Oleh karena itu, pengembangan perlakuan perendaman yang tepat sangat penting untuk menghasilkan nori lokal dengan mutu sensori dan tekstur optimal, serta berpotensi mendukung kemandirian pangan laut Indonesia.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut *Ulva lactuca* kering yang didapat dari wilayah Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, sementara rumput laut *Eucheuma cottonii* kering didapat dari Pasar Badung, Bali. Air mineral (Aqua), garam (Jago), bawang putih bubuk (Laksana putra mandiri), merica bubuk (Desaku), saus tiram (Royco), beras, asam sitrat, kalsium hidroksida, dan aquades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *dehydrator* (Nontaus), panci listrik (Simplus), *chopper* (Gsf), spatula, sendok, *baking paper* (Best fresh), mangkok. Alat yang digunakan untuk analisa antara lain cawan aluminium, oven kering (Glotech), desikator, neraca analitik (Pioneer), pinset, *texture analyzer*, tabung reaksi (iwaki), pipet mikro, *furnace*/tungku pembakaran (Wisetherm), *muffle furnace*, pipet tetes, dan *vortex*.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan perendaman rumput laut dengan 4 perlakuan sebagai berikut :

- P0 : Perendaman dengan air mineral
P1 : Perendaman dengan air cucian beras (perbandingan air dan beras sebanyak 1:3)
P2 : Perendaman dengan larutan kalsium hidroksida 1%
P3 : Perendaman dengan larutan asam sitrat 1%

Masing –masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh diolah dengan Analisis Sidik Ragam (ANOVA). Jika terdapat pengaruh antara perlakuan ($p < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji $\alpha = 5\%$ menggunakan program IBM SPSS Statistics 27.

Formulasi Pembuatan Nori

Adapun formulasi nori yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi pembuatan nori

Bahan	Jumlah (%)
<i>Ulva lactuca</i>	95
<i>Eucheuma cottonii</i>	5
Air mineral	400
Garam	1
Bawang putih bubuk	1
Merica bubuk	1
Saos tiram	3

Sumber: (Kurniawan et al., 2022) yang telah dimodifikasi

Keterangan: Persentase setiap bahan dihitung berdasarkan jumlah berat kering campuran rumput laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* (100 gram)

Cara Pembuatan Nori

Proses pembuatan nori disesuaikan dengan (Kurniawan et al., 2022) yang telah dimodifikasi, diawali dengan rumput laut dibersihkan dari kotoran yang menempel, kemudian dicuci. Setelah itu, rumput laut ditimbang sesuai berat yang ditentukan dan direndam sesuai dengan perlakuan selama 8 jam. Rumput laut yang sudah direndam kemudian ditiriskan dan dicuci kembali, kemudian rumput laut dimasukkan ke *chopper*, lalu ditambahkan air, garam, bawang putih bubuk, merica bubuk, dan saus tiram. Setelah itu dihaluskan sampai menjadi bubur rumput laut. Bubur rumput laut kemudian dimasak selama 60 menit, lalu dicetak diatas baking paper dengan ukuran 15×10 cm, dan dikeringkan dalam dehydrator dengan suhu 70°C selama 8 jam.

Pengujian Organoleptik Skoring dan Hedonik

Pengujian organoleptik pada penelitian ini dilakukan menggunakan dua metode, yaitu uji hedonik dan uji skoring, untuk menilai respons panelis terhadap atribut sensoris nori, meliputi warna, aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan. Pada uji hedonik, panelis diminta memberikan penilaian berdasarkan tingkat kesukaan menggunakan skala 5 poin, di mana skor 5 menunjukkan “sangat suka”, skor 4 “suka”, skor 3 “netral”, skor 2 “tidak suka”, dan skor 1 “sangat tidak suka”. Uji ini digunakan untuk mengetahui preferensi umum panelis terhadap produk nori.

Sementara itu, uji skoring digunakan untuk menilai mutu atau intensitas atribut sensoris secara lebih spesifik. Panelis diminta memberikan skor pada skala deskriptif numerik 1–4 sesuai karakteristik ideal pada atribut warna hijau (tidak hijau hingga sangat hijau), aroma amis (sangat amis hingga tidak amis), kelenturan (tidak lentur hingga sangat lentur), kerenyahan (tidak renyah hingga sangat renyah), serta rasa gurih (tidak gurih hingga sangat gurih).

Pengujian Kadar Air

Penentuan kadar air nori dilakukan dengan menggunakan metode Gravimetri. Cawan dipanaskan dalam oven selama 30 menit setelah itu didinginkan dalam desikator. Timbang cawan hingga beratnya konstan. Masukkan 2 g sampel ke dalam cawan lalu dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C. Setelah itu, dinginkan dalam desikator selama 15 menit lalu timbang dan catat beratnya. Dilanjutkan pengeringan sampel selama 30 menit kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu timbang kembali beratnya. Perlakuan diulang hingga memperoleh berat konstan ($\pm 0,02$ g). Setelah itu, kadar air dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{berat awal (g)} - \text{berat akhir (g)}}{\text{berat awal (g)}} \times 100\%$$

Pengujian Kadar Abu

Pengujian kadar abu nori dilakukan dengan metode Gravimetri. Cawan dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105°C, lalu dinginkan di dalam desikator selama 15 menit kemudian ditimbang sehingga diperoleh W_1 . Setelah itu, sampel yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam cawan sebanyak 2 g (W). Sampel dipanaskan di atas pemanas hingga menjadi arang dan tidak berasap kemudian dibakar di dalam *muffle furnace* selama 5 jam pada suhu 550°C. Setelah tahap pengarangan, cawan didinginkan, dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat akhir (W_2). Kadar abu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W - W_1} \times 100\%$$

Pengujian Warna

Pengujian warna menggunakan aplikasi colorimeter yaitu alat untuk mengukur intensitas warna objek, berdasarkan parameter warna L^* , a^* , dan b^* untuk mengetahui apakah nori mengalami perubahan warna karena perlakuan tertentu.

Pengujian Kekerasan (*Hardness*)

Pengujian kekerasan menggunakan *texture analyzer* yaitu alat untuk menganalisis sifat mekanik suatu material. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan perlakuan tertentu berpengaruh terhadap kekerasan tekstur nori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sensori Nori

Pengujian organoleptik dengan metode skoring menilai sensori nori terhadap parameter warna hijau, aroma amis, kelenturan, tekstur renyah, dan rasa gurih, serta penilaian tingkat kesukaan (hedonik) terhadap parameter warna, tekstur, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan. Hasil perhitungan penilaian organoleptik disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Berdasarkan hasil uji skoring atribut warna hijau, aroma amis, kelenturan, tekstur renyah menghasilkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan, namun pada atribut rasa gurih tidak memberikan hasil yang

berbeda signifikan ($p>0,05$) antar perlakuannya. Sedangkan berdasarkan uji hedonik menghasilkan respons panelis yang berbeda signifikan ($p<0,05$) pada atribut warna dan aroma namun tidak berbeda signifikan ($p>0,05$) pada atribut rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan.

Tabel 2. Hasil uji skoring nori

Perlakuan	Warna Hijau	Aroma Amis	Kelenturan	Tekstur Renyah	Rasa Gurih
P0	3,33±0,63 ^a	3,14±0,99 ^{ab}	2,81±0,95 ^{ab}	1,78±0,76 ^c	2,36±0,64 ^a
P1	3,06±0,79 ^a	3,22±0,96 ^a	3,03±0,81 ^a	1,86±0,72 ^c	2,28±0,66 ^a
P2	3,36±0,68 ^a	3,44±0,73 ^a	2,53±0,81 ^b	2,39±0,80 ^b	2,36±0,68 ^a
P3	2,08±1,20 ^b	2,81±1,06 ^c	1,67±0,93 ^c	3,03±0,94 ^a	2,36±0,68 ^a

Tabel 3. Hasil uji hedonik nori

Perlakuan	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa	Keseluruhan
P0	4,17±0,88 ^a	3,69±0,71 ^a	3,14±1,09 ^a	3,39±0,97 ^a	3,61±0,80 ^a
P1	3,94±0,67 ^a	3,47±0,74 ^a	2,92±1,03 ^a	3,42±0,81 ^a	3,58±0,77 ^a
P2	4,19±0,67 ^a	3,56±0,88 ^a	3,14±0,97 ^a	3,33±0,93 ^a	3,47±0,98 ^{ab}
P3	3,75±1,17 ^b	3,11±1,09 ^b	2,97±1,28 ^a	3,08±0,93 ^a	3,11±1,06 ^b

Berbagai perlakuan perendaman memberikan dampak berbeda terhadap kualitas sensori nori, dengan perbedaan yang jelas terlihat pada warna, aroma, dan tekstur. Perlakuan P2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1%) menghasilkan warna paling disukai dengan skor hedonik 4,19 (suka) dan skoring warna hijau 3,36 (hijau), karena kondisi basa mampu mempertahankan klorofil sehingga warna tetap hijau pekat (Nurafifah et al., 2023). Sebaliknya, P3 (asam sitrat 1%) menunjukkan skor hedonik warna terendah yaitu 3,75 (suka) dan skoring warna hijau 2,08 (agak hijau) akibat degradasi klorofil pada kondisi asam. Perlakuan P0 (air) dan P1 (air cucian beras) memberikan hasil warna yang masih dapat diterima, masing-masing dengan skor hedonik 4,17 (suka), serta skoring warna hijau 3,33 (hijau) tanpa perbedaan signifikan. Pada atribut aroma, P0 memiliki skor hedonik tertinggi yaitu 3,69 (suka), sementara P1 dan P2 menurunkan aroma amis dengan skor skoring aroma amis masing-masing 3,22 (agak beraroma amis) dan 3,44 (agak beraroma amis), akibat kemampuan pati (V-type) mengadsorpsi senyawa bau (Shi et al., 2024).

Pada aspek tekstur, uji hedonik tidak menunjukkan perbedaan signifikan, tetapi uji skoring kelenturan memperlihatkan bahwa P1 memiliki nilai kelenturan tertinggi yaitu 3,03 (lentur), diikuti oleh P0 (2,81(lentur)), P2 (2,53 (lentur)), dan P3 (1,67 (agak lentur)). Peningkatan kelenturan pada P1 dipengaruhi oleh pati air cucian beras yang bertindak sebagai agen pembentuk film dan meningkatkan fleksibilitas (Ilham et al., 2022; Rohaim et al., 2020). Sebaliknya, P3 menunjukkan skor kerenyahan tertinggi 3,03 (renyah), disusul P2 (2,39 (agak renyah)) dan P0 serta P1 yang lebih rendah, hal ini diakibatkan karena asam sitrat menyebabkan depolimerisasi dinding sel polisakarida (Manikandan et al., 2022), meskipun kerenyahan berlebih tidak

diinginkan pada nori komersial. Atribut rasa tidak berbeda signifikan antar perlakuan, menandakan bahwa perendaman tidak mengubah profil rasa dasar. Dari skor penerimaan keseluruhan, P1 memiliki skor tertinggi, yaitu 3,58 (suka) sementara P0 memiliki skor terendah, yaitu 3,11 (netral), sehingga jika seluruh atribut (warna, aroma, kelenturan, kerenyahan, rasa) dipertimbangkan bersama-sama, P1 muncul sebagai perlakuan terbaik karena memberikan keseimbangan paling optimal di antara peningkatan warna yang dapat diterima, aroma amis yang berkurang, fleksibilitas tertinggi, dan penerimaan keseluruhan terbaik.

Karakteristik Kimia Nori

Kadar air merupakan banyaknya kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan. Nilai kadar air dapat ditentukan dari pengurangan berat bahan yang dipanaskan pada suhu pengujian. Sementara kadar abu merupakan senyawa anorganik yang tidak ikut tereliminasi pada proses pembakaran senyawa organik. Hasil analisis kadar air dan kadar abu disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji kimia nori

Perlakuan	pH Air Rendaman		Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
	0 Jam (sebelum)	8 Jam (setelah)		
P0	6,77	6,75	4,72±0,48a	13,74±1,14a
P1	6,55	6,47	3,01±0,49c	13,78±2,30a
P2	9,95	9,56	3,84±0,09b	14,94±1,34a
P3	5,3	5,36	4,23±0,42ab	12,88±0,78a

Kadar Air

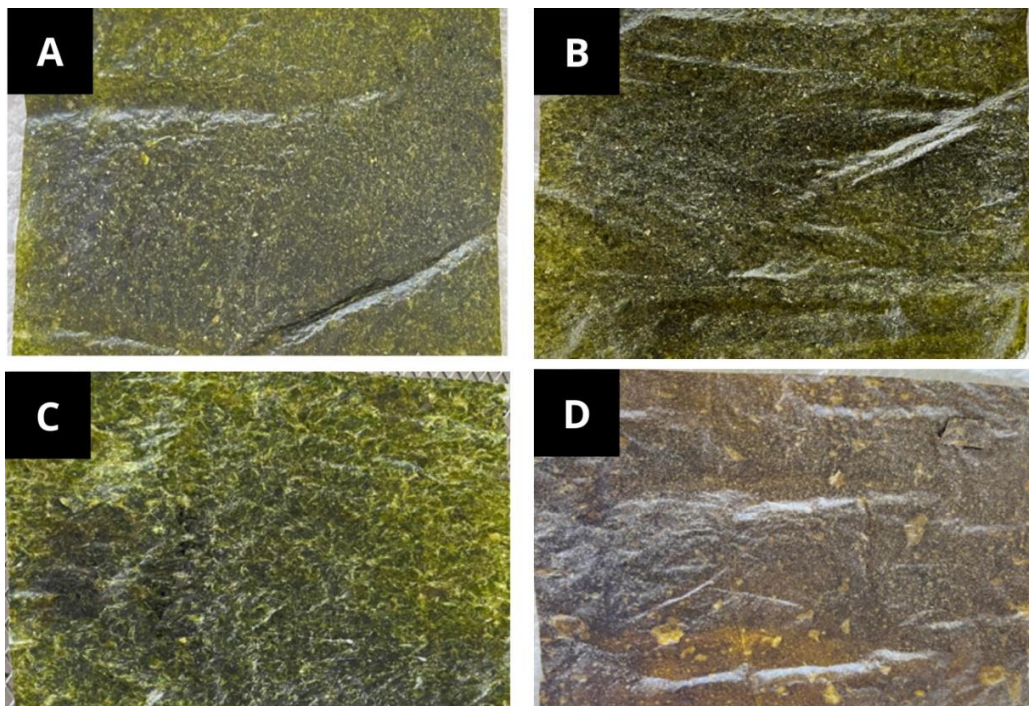
Berdasarkan hasil uji kadar air, setiap metode memiliki pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air nori. Perlakuan P0 menghasilkan kadar air tertinggi, yaitu $4,72\% \pm 0,48$, sementara P1 pencucian beras menghasilkan kadar air terendah, yaitu $3,01\% \pm 0,49$. Hasil ini menunjukkan bahwa media perendaman rumput laut dapat mempengaruhi kemampuan nori untuk mempertahankan atau melepaskan air pada tahap pengeringan. P1 menghasilkan kadar air terendah karena air cucian beras diketahui mengandung lemak, protein, dan partikel terlarut lainnya seperti pati dan bahan organik yang dapat mempengaruhi interaksi air pada bahan pangan, termasuk mobilitas air dan sifat pengikatan air dalam suatu matriks pangan (Abba et al., 2021). Selain itu, kondisi yang lebih asam pada air cucian beras mengakibatkan pelepasan air yang terikat secara kimia sehingga air lebih mudah menguap saat pengeringan. Pada perlakuan Ca(OH)_2 1%, ion Ca^{2+} dari Ca(OH)_2 dapat berinteraksi dengan komponen polisakarida rumput laut, seperti karagenan atau alginat melalui pembentukan ikatan silang (*cross-linking*), yang menyebabkan perubahan struktur gel dan memodifikasi kemampuan matriks dalam menahan air (Prasetyaningrum et al., 2021). Sementara itu, perlakuan P3 (asam sitrat 1%) menghasilkan kadar air $4,23\% \pm 0,42$, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Asam sitrat dapat melunakkan jaringan dengan mengubah struktur pektin dinding sel melalui gelasi, hidrolisis, dan depolimerisasi, yang meningkatkan laju keluarnya air dari jaringan. Namun, efek pelepasan air bergantung pada konsentrasi asam dan durasi perendaman (Liu et al., 2021).

Kadar Abu

Nilai kadar abu nori yang dihasilkan menggunakan rumput laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Tabel 4 yang menunjukkan kisaran nilai 12,88-14,94%. Rentang ini mencerminkan tingginya kandungan mineral alami dari kedua jenis rumput laut tersebut. Perlakuan *pre-treatment* memberikan kecenderungan variasi pada kadar abu, meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan nyata ($P>0,05$). Perlakuan P3 (asam sitrat 1%) menghasilkan kadar abu terendah. Hal ini dapat disebabkan oleh sifat asam yang mampu melarutkan sebagian mineral dalam rumput laut selama proses perendaman, terutama mineral-mineral yang mudah terekstrak pada kondisi pH rendah. Sebaliknya, perlakuan P2 (kalsium hidroksida 1%) menunjukkan kadar abu tertinggi. Perendaman dalam larutan alkali memungkinkan terjadinya penyerapan ion kalsium (Ca^{2+}) ke dalam jaringan rumput laut sehingga meningkatkan total mineral yang terukur sebagai abu. Tingginya nilai kadar abu juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku. *Ulva lactuca* diketahui memiliki kadar abu sebesar 12,37% (Abdurazzak et al., 2024), sedangkan *Eucheuma cottonii* memiliki kadar abu lebih tinggi, yaitu 27,11% (Tania dan Hafiludin, 2023). Variasi alami ini menunjukkan bahwa komposisi mineral pada produk rumput laut sangat dipengaruhi oleh spesies, lingkungan tumbuh, kondisi perairan, teknik pascapanen, hingga proses pengolahan (Valentine et al., 2020).

Karakteristik Fisik Nori

Penelitian ini mengamati warna dan kekerasan sebagai karakteristik fisik dari produk nori (Gambar 1). Sebagai salah satu komponen kualitas visual, warna merupakan parameter penting karena berkaitan dengan penerimaan makanan setelah dimasak. Sementara itu, kekerasan (*hardness*) merupakan parameter penting tekstur nori karena mempengaruhi kerenyahan, kemudahan digulung, dan kenyamanan saat dikonsumsi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 5.



Gambar 1. Nori *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii* dengan perlakuan perendaman menggunakan [A] air mineral; [B] air cucian beras; [C] $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1%; [D] asam sitrat 1%.

Tabel 5. Hasil uji fisik nori *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*

Perlakuan	Warna				Kekerasan (N)
	L*	a*	b*	Nama Warna	
P0	39,37±1,09 ^a	-6,47±0,11 ^b	18,33±1,76 ^a	Dark olive green	19,882±4,90 ^b
P1	36,13±3,88 ^a	-7,07±0,61 ^b	20,37±2,02 ^a	Lunar green	16,701±2,99 ^{ab}
P2	35,57±1,43 ^a	-7,00±0,79 ^b	16,33±3,12 ^a	Green kelp	9,847±2,32 ^a
P3	36,23±0,20 ^a	2,70±0,70 ^a	7,5±2,20 ^b	Bole brown	21,076±4,57 ^b

Warna

Nilai warna nori menunjukkan variasi akibat perlakuan perendaman, dengan P0 (air mineral) digunakan sebagai kontrol. Nilai L* berada pada kisaran 35,57–39,37, di mana P0 memiliki kecerahan tertinggi (39,37) dan perlakuan P1–P3 menunjukkan penurunan ringan (36,13; 35,57; 36,23) tanpa perbedaan signifikan. Nilai L* yang lebih rendah mengindikasikan warna lebih gelap dan dapat dikaitkan dengan degradasi klorofil atau pembentukan pigmen gelap seperti pheophytin yang umumnya menurunkan kecerahan (membuat warna menjadi lebih kusam atau gelap) (Vieira et al., 2025). Pada parameter a*, P0, P1, dan P2 menunjukkan nilai negatif (−6,47; −7,07; −7,00) yang mencerminkan dominasi warna hijau, sedangkan P3 bernilai positif (2,70), menandakan pergeseran warna ke arah merah-kecoklatan karena kondisi asam memicu pelepasan ion Mg^{2+} dari klorofil sehingga terbentuk pheophytins dan pheophorbides (Vieira et al., 2025). Sementara itu, nilai b* memperlihatkan perbedaan cukup jelas dengan kisaran 7,5–20,37. P1 memiliki nilai b* tertinggi (20,37) yang menunjukkan nuansa kuning lebih kuat, sedangkan P2 (16,33) dan P0 (18,33) berada di kisaran sedang. P3 memiliki nilai b* paling rendah (7,5), yang menunjukkan warna sangat redup dan cenderung abu-kecoklatan.

Kekerasan (Hardness)

Perlakuan perendaman secara signifikan ($P < 0,05$) mempengaruhi kekerasan nori pada kisaran 9,487–21,076 N, dengan nilai terendah pada P2 ($Ca(OH)_2$ 1%) yaitu 9,847 N dan tertinggi pada P3 (asam sitrat 1%) yaitu 21,076 N. Nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan nori komersial (4,00 N) (MEXT, 2015 dalam Zakaria et al., 2017). Perlakuan P0 menghasilkan kekerasan 19,882 N, menunjukkan bahwa tanpa perubahan kondisi kimia, jaringan ulvan dan karagenan tetap membentuk struktur gel yang kuat. Pada P1, kekerasan menurun menjadi 16,701 N, dipengaruhi oleh keberadaan pati dan protein dalam air cucian beras yang meningkatkan hidrasi dan melunakkan serat. Selain itu, pH yang lebih asam dapat mempercepat hidrolisis ikatan glikosidik karagenan, membuat struktur lebih mudah melepas air saat pengeringan.

Perbedaan mencolok pada P2 dan P3 dijelaskan oleh sifat *shear-thinning* ulvan dan karagenan yakni fenomena penurunan viskositas akibat berkurangnya jeratan polimer ketika gaya geser meningkat. Pada kondisi basa (P2), terjadi interaksi ionik antara gugus karbonil dan sulfat ulvan yang memicu transisi dari struktur filamen menjadi agregat (Sulastri et al., 2021; Kraithong et al., 2024), menghasilkan nori yang lebih lunak sekaligus elastis. Sebaliknya, pada kondisi asam (P3), protonasi ulvan berada di bawah pKa asam glukuronat (3,28) menyebabkan agregat ulvan mengumpul lebih rapat ketika terkena gaya geser, sehingga efek *shear-thinning* melemah dan struktur akhir menjadi lebih kaku dan rapuh. Sifat gel ulvan dan karagenan juga sangat dipengaruhi kadar sulfat dan asam uronat, di mana kadar sulfat tinggi melemahkan gel, sedangkan ion divalen

seperti Ca^{2+} memperkuat ikatan silang (Azevedo et al., 2013). Pada kondisi basa, pembentukan ikatan silang ulvan dengan borat dan interaksi dengan Ca^{2+} memperkokoh gelasi sehingga tekstur menjadi lembut dan lentur, sementara lingkungan asam menghasilkan struktur yang lebih keras dan mudah patah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis media perendaman berpengaruh nyata terhadap karakteristik sensori, fisik, dan kimia nori berbahan dasar *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*. Air cucian beras memberikan pengaruh terbaik secara keseluruhan dengan nilai kadar air terendah, serta kelenturan dan tingkat penerimaan panelis tertinggi. Perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1% mampu mempertahankan warna hijau dan menghasilkan tekstur paling lunak, sedangkan asam sitrat 1% menyebabkan degradasi warna paling besar dan kekerasan tertinggi akibat perubahan struktur polisakarida pada kondisi asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abba, N., Boon Sung, C. T., Paing, T. N., dan Kee Zuan, A. T. 2021. Wastewater from Washed Rice Water as Plant Nutrient Source: Current Understanding and Knowledge Gaps. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 29(3).
- Abdurazzak, B., Sipahutar, Y. H., Prayudi, A., Sitorus, P. P. 2024. Diversifikasi Alga *Ulva lactuca* sebagai Abon Rumput Laut. *Prosiding Seminar Nasional Ikan XII*, Samarinda. pp. 292-308.
- Azevedo, G., Hilliou, L., Bernardo, G., Sousa-Pinto, I., Adams, R. W., Nilsson, M., dan Villanueva, R. D. 2013. Tailoring kappa/iota-hybrid carrageenan from *Mastocarpus stellatus* with desired gel quality through pre-extraction alkali treatment. *Food Hydrocolloids*, 31(1), 94–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.010>
- Firmansyah, S. T., dan Husni, A. 2021. Characteristics and consumer acceptance level of *Sargassum hystrix nori*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 919(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/919/1/012030>
- Ganesan, R. A., Shanmugam, M., dan Bhat, R. 2018. Producing novel edible films from semi refined carrageenan (SRC) and ulvan polysaccharides for potential food applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 1164–1170. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.089>
- Jiang, F., Liu, Y., Xiao, Q., Chen, F., Weng, H., Chen, J., Zhang, Y., dan Xiao, A. 2022. Eco-Friendly Extraction, Structure, and Gel Properties of ι-Carrageenan Extracted Using $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Marine Drugs*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/md20070419>
- Kraithong, S., Bunyameen, N., Theppawong, A., Ke, X., Lee, S., Zhang, X., dan Huang, R. 2024. Potentials of *Ulva* spp.-derived sulfated polysaccharides as gelling agents with promising therapeutic effects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 273, 132882. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132882>
- Kurniawan, K., Bintoro, N., dan Saputro, A. D. 2022. Pengaruh Temperatur Pengeringan pada Karakteristik Pengeringan Nori dari Campuran *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*. *AgriTECH*, 42(4), 309-320.
- Liu, C. J., Xue, Y. L., Guo, J., Ren, H. C., Jiang, S., Li, D. J., dan Zhang, Z. Y. 2021. Citric acid and sucrose pretreatment improves the crispness of puffed peach chips by regulating cell structure and mechanical properties. *Lwt*, 142, 111036.

- Manikandan, N. A., dan Lens, P. N. (2022). Green extraction and esterification of marine polysaccharide (ulvan) from green macroalgae *Ulva* sp. using citric acid for hydrogel preparation. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132952.
- Mo'o, F. R. C, Wilar, G, Devkotam H. P, dan Wathoni N. 2020. Ulvan, a polysaccharide from macroalga *Ulva* sp.: A review of chemistry, biological activities and potential for food and biomedical applications. *Applied Sciences*. 10(16), 5488:1-21.
- Nurafifah, I., Hardianto, M. A., Erfianti, T., Amelia, R., Kurnianto, D., dan Suyono, E. A. (2023). The effect of acidic pH on chlorophyll, carotenoids, and carotenoid derivatives of *Euglena* sp. as antioxidants.
- Poeloengasih, C. D., Prasetyo, D. J., Hernawan, Windarsih, A., Khasanah, Y., Suryani, R., Kumayanjati, B., dan Yulianto, P. 2022. Impact of processing pre-treatments on color and the level of heavy metal reduction of the green alga *Ulva* sp.: A preliminary study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1119(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1119/1/012040>
- Prasetyaningrum, A., Utomo, D. P., Raemas, A. F. A., Kusworo, T. D., Jos, B., dan Djaeni, M. 2021. Alginate/ κ -carrageenan-based edible films incorporated with clove essential oil: Physico-chemical characterization and antioxidant-antimicrobial activity. *Polymers*, 13(3), 354.
- Purnomo, Candra, Suhandi, J., dan Asmawati. 2021. Types of Soak Solutions and Drying Time to *Eucheuma Cottonii*'s Semi Refined Carrageenan Characteristics. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 112(4), 121–126. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-04.14>
- Rasyid.A. 2017. Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed *Ulva lactuca* from Pameungpeuk waters, Indonesia, 3(2), 119–125.
- Sari, D. K., Kustiningsih, I., Heriyanto, H., Wijayanto, A. S., dan Maulan, A. I. 2021. Physicochemical properties of semi-refined carrageenan by bleaching pretreatment. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 17(1), 8. <https://doi.org/10.36055/tjst.v17i1.9714>
- Sulastris, E., Lesmana, R., Zubair, M. S., Elamin, K. M., dan Wathoni, N. 2021. A Comprehensive Review on Ulvan Based Hydrogel and Its Biomedical Applications. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 69(5), 432–443. <https://doi.org/10.1248/cpb.c20-00763>
- Tania, I. D dan Hafiludin, H. 2023. Pengaruh Media Perendaman dan Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Kimia Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dari Perairan Sumenep Madura. *Journal of Marine Research*, 12(4), 613–622. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.37072>
- Tianasari, E., Junaidi, M. S., dan Distantina, S. 2018. Nori Berbasis Rumput Laut *Ulva lactuca* Linnaeus dan *Eucheuma cottonii*: Pengaruh Komposisi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*, 115-121.
- Valentine, G., Sumardianto dan Wijayanti, I. 2020. Karakteristik nori dari rumput laut *U. lactuca* dan *Gelidium* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2): 295-302
- Vieira, E. F., Gomes, L. R., Grosso, C., dan Delerue-Matos, C. 2025. Recent Advances on Seaweed-Derived Pigments for Food Application and Current Legal Framework. *Foods*, 14(18), 3265.
- Yuliarti, O., Sentana, A. D., Ong, C. Y., Abdol Rahim Yassin, Z., Ng, L., dan Koh, W. M. 2023. Structural properties of *cottonii* seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) gels in the presence of coconut milk. *Food Hydrocolloids*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109087>
- Zakaria, F.R., Bambang P.P., Erniati., dan Sajida. 2017. Karakteristik nori dari campuran rumput laut *U. lactuca* dan *E. cottonii*. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 12 (1): 23-30.