

ANALISIS KEAMANAN PANGAN *NORI-LIKE SHEETS* BERBAHAN DASAR DAUN MANGROVE JERUJU (*Acanthus ilicifolius* L.)

Sulfiana*, Fatimah Hardianti A, Nur Alya Mariska Latief

Universitas Muhammadiyah Sorong

Jalan Pendidikan No 27, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia 98416

Dikirim: 15 September 2025/Disetujui: 10 Maret 2026

*Korespondensi: sulfianasaiif@um-sorong.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Sulfiana, Hardianti, F., & Latief, N. A. M. (2026). Analisis keamanan pangan *nori-like sheets* berbahan dasar daun mangrove jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 29(5), 451-468. <http://dx.doi.org/10.17844/9hfna174>

Abstrak

Mangrove jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.) merupakan tumbuhan khas ekosistem pesisir yang kaya senyawa bioaktif dengan potensi dikembangkan sebagai pangan fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keamanan pangan melalui analisis cemaran mikrobiologi dan kandungan logam berat, serta menilai kualitas sensori produk *nori-like sheets* berbasis daun mangrove jeruju pada beberapa formulasi yang berbeda. Metode penelitian menggunakan eksperimen laboratorium dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu variasi konsentrasi daun jeruju, dengan tiga ulangan. Tahapan produksi meliputi pengukusan daun jeruju, penghalusan, pencampuran dengan karagenan, minyak wijen, garam, air, dan gula, kemudian pencetakan dan pengeringan pada suhu 100°C. Analisis meliputi uji sensori (warna, tekstur, ketampakan, aroma, dan rasa), cemaran mikrobiologi (ALT, *E. coli*, kapang, khamir), serta kandungan logam berat (Hg, Pb, As) mengacu pada standar SNI. Hasil uji sensori menunjukkan perlakuan P1 lebih unggul pada aspek ketampakan, aroma, dan rasa, sedangkan P3 lebih baik pada tekstur. Semua perlakuan memenuhi standar ALT ($<1,0 \times 10^5$ koloni/g) dan *E. coli* (<3 APM/g) meskipun jumlah kapang dan khamir pada beberapa perlakuan melebihi batas SNI. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd, As) berada di bawah ambang batas yang ditetapkan sehingga aman dikonsumsi. Berdasarkan evaluasi mutu sensori dan aspek keamanan pangan, formulasi P1 (25 g daun jeruju) merupakan perlakuan terbaik karena menghasilkan *nori-like sheets* dengan ketampakan, aroma, dan rasa yang paling disukai panelis serta memenuhi persyaratan keamanan pangan meskipun perbaikan pengendalian pascapanen masih diperlukan untuk menekan cemaran kapang dan khamir.

Kata kunci: daun mangrove, evaluasi keamanan pangan; kandungan logam berat; kontaminasi mikrob; kualitas sensori

Food Safety Analysis of *Nori-like sheets* Made from Holly Mangrove (*Acanthus ilicifolius* L.) Leaves

Abstract

Holly mangrove (*Acanthus ilicifolius* L.) is a typical coastal ecosystem plant rich in bioactive compounds with potential as a functional food. This study aimed to evaluate food safety through microbiological contamination and heavy metal content analysis, as well as to assess the sensory quality of *nori-like sheet* products made from Holly mangrove leaves in several formulations. The research employed a laboratory experiment using a completely randomized design (CRD) with

one factor, namely variations in the concentration of mangrove leaves, with three replicates. The production process included steaming the Holly mangrove leaves, grinding, and mixing them with carrageenan, sesame oil, salt, water, and sugar, followed by molding and drying at 100°C. The analysis covered sensory evaluation (color, texture, appearance, aroma, and taste), microbiological contamination (total plate count/ALT, *Escherichia coli*, mold, and yeast), and heavy metal content (Hg, Pb, Cd, and As) based on the Indonesian National Standard (SNI) requirements. The sensory evaluation results showed that P1 was superior in appearance, aroma, and taste, whereas P3 was preferred in terms of texture. All treatments met the ALT standard ($<1.0 \times 10^5$ colonies/g) and *E. coli* standard (<3 APM/g). However, the mold and yeast counts in some treatments exceeded the SNI limit. The heavy metal content (Hg, Pb, Cd, and As) was below the permissible threshold, indicating that the product was safe for consumption. Based on sensory quality and food safety evaluation, formulation P1 (25 g of holly mangrove leaves) was the best treatment, producing *nori-like sheets* that were most preferred by panelists and met food safety standards, although improvement in post-harvest handling is still required to reduce mold and yeast contamination.

Keywords: food safety evaluation; heavy metal content; mangrove leaf, microbial contamination; sensory quality

PENDAHULUAN

Mangrove jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.) merupakan salah satu tumbuhan khas ekosistem mangrove yang banyak ditemukan di Asia Tenggara hingga Australia dan secara tradisional dimanfaatkan sebagai obat herbal untuk mengatasi berbagai penyakit, misalnya asma, hepatitis, dan reumatik (Tomlinson, 2016). Tumbuhan ini memiliki keunggulan ekologis karena mampu tumbuh pada habitat ekstrem di zona pasang surut berair asin, sehingga berperan penting dalam menjaga stabilitas ekosistem pesisir serta memiliki nilai etnofarmakologis yang tinggi (Singh & Aeri, 2013). Secara turun-temurun, masyarakat lokal memanfaatkan jeruju sebagai bahan ramuan tradisional untuk pengobatan berbagai penyakit.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa jeruju mengandung berbagai senyawa bioaktif penting, antara lain flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, steroid, triterpenoid, serta fenilethanoid glikosida yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan (Andriani *et al.*, 2020). Senyawa-senyawa tersebut diketahui berperan dalam aktivitas biologis yang signifikan, yaitu antioksidan, antiinflamasi, dan antimikrob (Singh & Aeri, 2013; Zhang *et al.*, 2022). Aktivitas antioksidan yang tinggi menjadikan daun jeruju berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional yang berperan dalam pencegahan stres oksidatif dan penyakit

degeneratif. Kandungan tersebut berperan dalam aktivitas biologis yang signifikan, yaitu antioksidan, anti-inflamasi, serta antimikrob (Singh & Aeri, 2013; Zhang *et al.*, 2022). Aktivitas antioksidan yang tinggi menjadikan jeruju potensial dikembangkan sebagai sumber pangan fungsional dalam mencegah stres oksidatif yang terkait dengan penyakit degeneratif.

Berbagai kajian fitokimia dan farmakologi melaporkan bahwa ekstrak daun jeruju memiliki aktivitas antimikrob spektrum luas terhadap bakteri Gram positif, Gram negatif, serta jamur patogen *Candida albicans* (Andriani *et al.*, 2020). Senyawa *acteoside* yang terisolasi dari *A. ilicifolius* terbukti mampu menurunkan respons inflamasi melalui regulasi jalur NF- κ B dan JAK/STAT serta berperan sebagai antioksidan alami (Zhang *et al.*, 2022). Temuan ini memperkuat potensi jeruju sebagai sumber bahan baku pangan fungsional berbasis senyawa bioaktif alami.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal, pemanfaatan daun jeruju dalam pengembangan produk pangan inovatif mulai banyak dikaji. Salah satu bentuk inovasi yang berkembang adalah pengolahan daun jeruju menjadi *nori-like sheets* yang dikombinasikan dengan rumput laut *Eucheuma cottonii*. Zein (2021) melaporkan bahwa formulasi *nori* dengan penambahan 5% daun jeruju menghasilkan



aktivitas antioksidan yang tinggi, tekstur yang baik, serta tingkat penerimaan konsumen yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa daun jeruju berpotensi diaplikasikan dalam produk pangan fungsional modern yang bernilai tambah, sejalan dengan tren global pemanfaatan mangrove sebagai sumber nutrasetikal baru. Inovasi serupa juga telah dikembangkan oleh Sulfiana *et al.* (2025) melalui pemanfaatan daun mangrove jeruju sebagai bahan baku utama *nori-like sheets*.

Namun demikian, aspek keamanan pangan menjadi isu krusial dalam pemanfaatan jeruju sebagai bahan pangan. Tumbuhan mangrove diketahui memiliki kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat dari lingkungan, yaitu timbel (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn), yang berpotensi terdistribusi ke bagian daun (Akhand *et al.*, 2012; Shackira *et al.*, 2017; Siregar *et al.*, 2025). Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran terhadap potensi kontaminasi kimiawi pada produk pangan berbasis jeruju apabila tidak melalui pengujian keamanan yang memadai. Studi ekotoksikologi juga menegaskan bahwa berbagai spesies mangrove memiliki sifat akumulatif terhadap logam berat, sehingga diperlukan perhatian khusus sebelum diaplikasikan sebagai bahan pangan (Gopal & Chauhan, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keamanan pangan melalui analisis cemaran mikrobiologi dan kandungan logam berat, serta menilai kualitas sensori produk *nori-like sheets* berbasis daun mangrove jeruju pada beberapa formulasi

yang berbeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memastikan bahwa produk nori analog berbasis jeruju aman dikonsumsi, memiliki mutu yang dapat diterima, dan berpotensi mendukung diversifikasi pangan lokal berbasis sumber daya mangrove secara berkelanjutan (Kathiresan & Bingham, 2001).

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Nori Daun Mangrove Jeruju

Daun mangrove jeruju sebagai bahan utama pembuatan *nori-like sheets*. Daun jeruju segar dipetik secara manual dengan menggunakan gunting dan sarung tangan steril untuk menjaga tangan tertusuk duri dari daun mangrove jeruju, menjaga kebersihan, serta meminimalisir kontaminasi. Formulasi nori terdiri dari 3 rasio daun mangrove jeruju yaitu P1 (25 g), P2 (50 g), dan P3 (75 g). Proses pembuatan nori mengacu pada metode Pamungkas *et al.* (2020) & Sulfiana *et al.* (2025) dengan beberapa modifikasi pada bahan dan konsentrasi.

Tahap awal dilakukan dengan mengukus daun mangrove jeruju. Pengukusan merupakan tahap prapengolahan penting dalam pembuatan nori jeruju, karena berfungsi menurunkan antinutrien, mengurangi rasa pahit, sepat, dan memperbaiki warna serta tekstur. Daun mangrove jeruju yang sudah dikukus selama ± 10 menit untuk melunakkan teksturnya. Daun dihaluskan hingga menjadi pasta sebagai bahan dasar. Pasta dicampurkan dengan karagenan sebagai bahan pengikat, minyak wijen, garam, air, dan gula. Seluruh

Table 1 Formulation of holly mangrove leaf nori

Tabel 1 Formulasi nori daun mangrove jeruju

Ingredients	Holly mangrove leaf formulation		
	P1	P2	P3
Holly mangrove leaves (g)	5	50	75
Carrageenan (g)	3	3	3
Sesame oil (mL)	7	7	7
Salt (g)	3	3	3
Water (mL)	150	150	150
Sugar (g)	2	2	2

bahan diaduk hingga tercampur homogen membentuk adonan. Adonan yang telah homogen dicetak ke dalam loyang yang telah dilapisi kertas oven. Ketebalan adonan diatur secara merata sekitar 0,3-0,5 mm sehingga menghasilkan nori tipe tebal (*thick type*). Adonan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama ± 1 jam untuk menghasilkan tekstur lembaran yang kering. Nori diangkat dari cetakan dan dipotong sesuai ukuran. Nori yang telah selesai diproduksi dikemas menggunakan plastik kedap udara. Pemilihan jenis kemasan ini bertujuan untuk meminimalisir masuknya udara ke dalam kemasan.

Analisis Angka Lempeng Total (ALT)

Prosedur uji ALT mengacu pada BSN (2015b) yaitu SNI 2332.3:2015 dengan menghitung jumlah mikroorganisme aerob mesofil dalam sampel nori. Alat dan bahan berupa media PCA, cawan petri steril, pipet, dan larutan pengenceran disiapkan. Sampel diencerkan, dituang ke cawan petri berisi media agar cair. Media yang telah mengeras diinkubasi pada suhu 35–37°C selama 24–48 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/mL atau CFU/g.

Analisis *Escherichia coli*

Uji *E. coli* dilakukan berdasarkan BSN (2015a) yaitu SNI 2332.1:2015 melalui tiga tahap utama, yaitu uji pendugaan, penegasan, dan konfirmasi. Tahap pertama yaitu uji pendugaan menggunakan media Lactose Broth dengan tabung Durham yang diinkubasi pada suhu 35–37°C selama 24–48 jam, dan hasil positif ditandai dengan terbentuknya gas. Tahap kedua adalah uji penegasan menggunakan media selektif Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) atau EC Broth pada suhu 44–45°C selama 24 jam untuk memastikan adanya koliform fekal. Tahap terakhir adalah uji konfirmasi dengan menumbuhkan sampel pada media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA) yang menunjukkan koloni khas *E. coli* serta dilanjutkan dengan uji biokimia untuk memastikan identifikasi bakteri.

Analisis Kapang dan Khamir

Analisis kapang dan khamir mengacu pada BSN (2015c) yaitu SNI 2332.7:2015, dilakukan untuk menghitung jumlah mikroorganisme yang dapat memengaruhi kualitas dan umur simpan produk nori. Sebanyak ± 10 g sampel ditimbang secara aseptis, diencerkan secara bertingkat menggunakan larutan pengencer steril hingga diperoleh beberapa tingkat pengenceran. Sebanyak 1 mL dari masing-masing pengenceran diinokulasikan ke dalam media Potato Dextrose Agar (PDA) dan diinkubasi pada suhu 25–28°C selama 3–5 hari. Koloni kapang dan khamir yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/g.

Analisis Merkuri (Hg)

Pengujian merkuri dilakukan dengan metode *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) yang mengacu pada BSN (2016) yaitu SNI 2354.6:2016. Sampel terlebih dahulu didestruksi menggunakan asam kuat (HNO_3 dan H_2SO_4) untuk mengoksidasi merkuri dan menghilangkan matriks organik. Larutan hasil destruksi dipanaskan hingga jernih dan didinginkan, selanjutnya dilakukan pengenceran sesuai volume yang ditetapkan. Sampel dianalisis menggunakan AAS pada panjang gelombang spesifik merkuri. Kadar merkuri yang diperoleh dibandingkan dengan batas maksimum berdasarkan standar SNI 2354.6:2016.

Analisis Timbel (Pb)

Pengujian timbel (Pb) dilakukan menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) mengacu pada BSN (2011) yaitu SNI 7354.5:2011 pada panjang gelombang 217 nm. Sampel terlebih dahulu melalui tahap destruksi basah menggunakan campuran asam nitrat (HNO_3) dan asam perklorat (HClO_4) hingga diperoleh larutan jernih. Larutan hasil destruksi disaring dan diencerkan menggunakan akuades hingga volume tertentu. Sampel diinjeksikan ke dalam AAS untuk pengukuran kadar Pb. Analisis timbel yang diperoleh dibandingkan dengan batas maksimum cemaran timbel standar SNI 7354.5:2011 untuk menentukan keamanan produk.



Analisis Arsen (As)

Arsen (As) dianalisis menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) yang mengacu pada BSN (2017) yaitu SNI 7354.15:2017 dengan teknik hidrida (hydride generation-AAS). Sampel terlebih dahulu didestruksi untuk melepaskan arsen dalam bentuk ion. Larutan sampel direaksikan dengan pereaksi pembentuk hidrida (biasanya natrium borohidrida/ NaBH_4 dalam suasana asam) sehingga menghasilkan gas arsina (AsH_3). Gas arsina yang terbentuk dialirkan ke sistem atomisasi SSA untuk dibakar dan diukur absorbansinya. Nilai absorbansi dibandingkan dengan kurva standar untuk menentukan kadar arsen dalam sampel nori sesuai standar SNI 7354.15:2017.

Uji Sensori

Uji sensori mengacu pada BSN (2015d) yaitu SNI 2346:2015 yang dilakukan dengan melibatkan 10 orang panelis terlatih (*trained panelist*) untuk menilai sejauh mana produk nori berbahan dasar mangrove jeruju. Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik 1-9 dengan kriteria sebagai berikut: skor 1=sangat tidak suka, skor 2=tidak suka, skor 3=agak tidak suka, skor 4=sedikit tidak suka, skor 5=netral (biasa), skor 6=sedikit suka, skor 7=agak suka, skor 8=suka, dan skor 9=sangat suka. Parameter sensori yang dinilai meliputi warna, tekstur, ketampakan, aroma, dan rasa.

Penerapan standar ini tidak hanya membantu peneliti dalam menilai tingkat penerimaan konsumen, tetapi juga menjadi acuan dalam mengembangkan produk pangan inovatif yang berbasis bahan lokal. Uji sensori dapat menjadi dasar ilmiah bahwa nori jeruju

memiliki potensi pasar yang layak sekaligus memenuhi aspek mutu organoleptik yang diharapkan konsumen.

Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan yaitu rasio penggunaan daun mangrove jeruju P1 (25 g), P2 (50 g), dan P3 (75 g) dengan 3 ulangan. Analisis data mikrobiologi dan logam berat menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Uji sensori dianalisis menggunakan uji *Kruskall Wallis*. Data analisis menggunakan perangkat lunak program SPSS 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikrobiologi

Uji mikrobiologi merupakan parameter penting dalam evaluasi mutu dan keamanan pangan karena mencerminkan tingkat kebersihan proses, stabilitas produk, serta keamanan konsumsi. Hasil analisis cemaran mikrobiologi *nori-like sheets* berbasis daun mangrove jeruju disajikan pada *Table 2*.

Angka Lempeng Total (ALT)

Nilai ALT *nori-like sheets* menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan, namun seluruhnya masih berada jauh di bawah batas maksimum SNI 9105:2022 ($1,0 \times 10^5$ CFU/g). Perbedaan ini berkaitan dengan variasi formulasi daun jeruju, mengingat seluruh perlakuan diproses pada kondisi pengolahan yang sama. Karakteristik matriks formulasi yang memengaruhi kadar air dan stabilitas mikrobiologis produk. Formulasi

Table 2 Microbiological test results for contamination on holly mangrove nori-like sheets

Tabel 2 Hasil uji cemaran mikrobiologi pada *nori-like sheets* jeruju mangrove

Parameters	P1	P2	P3	SNI 9105:2022
TPC	276.67±47.34 ^b	410.00±20.00 ^a	320.00±20.00 ^b	Max 1.0×10^5 CFU/g
E. coli	<3±0 ^a	<3±0 ^a	<3±0 ^a	Max 3 MPN/g
Mold	17**	20**	17**	Max 10 CFU/g
Yeast	23**	20**	23**	Max 10 CFU/g

Different superscript letters within the same row indicate statistically significant differences among treatments ($p < 0.05$).

dengan proporsi daun lebih tinggi cenderung memiliki kelembapan lebih besar, sehingga memungkinkan pertumbuhan mikrob yang relatif lebih tinggi.

Secara teoritis peningkatan konsentrasi daun jeruju diharapkan menurunkan nilai angka lempeng total (ALT) akibat kandungan senyawa antimikrob yang lebih tinggi, namun hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi P1 justru memiliki ALT terendah. Penambahan daun jeruju dalam jumlah tinggi diduga meningkatkan kapasitas retensi air matriks produk akibat kandungan serat dan polisakarida, sehingga berpotensi mempertahankan kelembapan yang lebih tinggi. Kapasitas ikat air dan struktur matriks tidak dianalisis secara langsung, sehingga interpretasi ini bersifat hipotetik dan merujuk pada temuan sebelumnya pada produk alga kering (Lovdal *et al.*, 2021; Quek *et al.*, 2023). Aktivitas antimikrob daun jeruju dalam bentuk bahan utuh tidak selalu meningkat secara linear, karena senyawa fenolik dan flavonoid bersifat sensitif terhadap panas dan dapat mengalami degradasi atau kehilangan aktivitas biologis selama proses pengeringan suhu tinggi (Paulo *et al.*, 2008; Arumugam *et al.*, 2015). Temuan ini sejalan dengan laporan Quek *et al.* (2023) yang menegaskan bahwa *water activity* merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan mikrob pada produk kering, sering kali lebih berpengaruh dibandingkan kandungan senyawa bioaktif bahan baku.

Escherichia coli

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *E. coli* pada seluruh perlakuan *nori-like sheets* berbasis daun jeruju (P1, P2, dan P3) berada pada kisaran <3 MPN/g dan tidak berbeda signifikan, serta telah memenuhi batas maksimum SNI 9105:2022. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antarperlakuan, sehingga variasi konsentrasi daun jeruju tidak memengaruhi keberadaan bakteri indikator sanitasi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian bakteri lebih dipengaruhi oleh faktor proses pengolahan dan kondisi akhir produk dibandingkan oleh perbedaan konsentrasi bahan.

Keberadaan *E. coli* terutama dipengaruhi oleh kebersihan proses, kadar air, dan *water activity*. Proses pengukusan dan pengeringan berperan sebagai *lethal step* yang efektif menurunkan populasi bakteri vegetatif, sementara kadar air rendah dan kemasan kedap udara membatasi pertumbuhan ulang selama penyimpanan. Kombinasi kadar air rendah dan kemasan kedap merupakan strategi utama pengendalian patogen pada pangan kering.

Daun jeruju mengandung senyawa antibakteri, peningkatan konsentrasi tidak menunjukkan efek tambahan yang signifikan, mengindikasikan adanya efek ambang dalam sistem pangan padat. Temuan ini sejalan dengan Firdaus *et al.* (2025), Manuhuttu & Saimima (2021), dan Okla *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa aktivitas antibakteri daun jeruju cenderung stabil setelah mencapai konsentrasi efektif minimum. Secara keseluruhan, parameter *E. coli* pada produk ini telah memenuhi persyaratan keamanan mikrobiologis terlepas dari variasi formulasi.

Kapang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kapang pada *nori-like sheets* berbasis daun jeruju berbeda nyata antarperlakuan ($p < 0,05$), dengan perlakuan P2 menunjukkan jumlah tertinggi. Perbedaan ini diduga berkaitan dengan variasi kadar air residu yang dipengaruhi oleh komposisi formulasi daun jeruju. Proporsi bahan yang berbeda kemungkinan memengaruhi karakteristik matriks, khususnya dalam retensi air setelah pengeringan. Sifat fisikokimia matriks tidak diukur dalam penelitian ini, sehingga penjelasan tersebut didasarkan pada pendekatan literatur dan belum dapat dikonfirmasi secara eksperimental.

Peningkatan fraksi serat dan polisakarida hidrofilik pada proporsi daun yang lebih tinggi berpotensi meningkatkan retensi air, sehingga menciptakan kondisi yang lebih mendukung pertumbuhan kapang meskipun seluruh perlakuan dikeringkan pada parameter yang sama. Kadar air residu ini dapat memengaruhi aktivitas air (a_w), yang merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan



kapang. Kapang diketahui mampu tumbuh pada nilai a_w lebih rendah dibandingkan bakteri, sehingga perubahan kadar air dalam jumlah kecil pun dapat mendukung kolonisasi (Lovdal *et al.*, 2021). Temuan ini sejalan dengan Hyun *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa peningkatan kelembapan pada rumput laut kering berasosiasi dengan peningkatan jumlah kapang meskipun kadar air masih dalam kisaran standar. Daun jeruju mengandung senyawa bioaktif berpotensi sebagai antijamur. Efektivitasnya dalam sistem pangan kompleks tidak selalu meningkat secara linear seiring peningkatan konsentrasi bahan, karena kemungkinan adanya interaksi matriks atau degradasi selama pemanasan.

Khamir

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah khamir pada *nori-like sheets* berbasis daun jeruju melebihi batas maksimum SNI 9105:2022 (10 CFU/g) dan berbeda nyata antarperlakuan ($p<0,05$), dengan perlakuan P2 memiliki tingkat kontaminasi tertinggi, sedangkan P1 dan P3 tidak berbeda nyata (BSN, 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan formulasi memengaruhi kestabilan mikrobiologis produk, karena seluruh perlakuan diproses pada parameter pengolahan yang identik.

Tingginya cemaran khamir pada P2 diduga berkaitan dengan pengeringan yang kurang efektif dan kondisi kelembapan selama pendinginan atau penyimpanan. Produk nori bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari lingkungan, dan peningkatan kelembapan dalam jumlah kecil sudah cukup mendukung pertumbuhan khamir yang toleran terhadap aktivitas air rendah. Lovdal *et al.* (2021) & Martelli *et al.* (2021) melaporkan bahwa produk rumput laut kering menunjukkan peningkatan khamir ketika kadar air residu dan kelembapan penyimpanan tidak terkontrol secara konsisten. pengukuran *water activity* (a_w) dan pencatatan kelembapan relatif tidak dilakukan pada penelitian ini, sehingga menjadi keterbatasan yang dapat memengaruhi variasi tingkat cemaran pada setiap perlakuan..

Jumlah khamir pada beberapa perlakuan melebihi batas maksimum SNI

9105:2022 (10 CFU/g), sehingga menunjukkan perlunya optimasi pengeringan dan pengendalian kelembapan pascaproses (BSN, 2022). Sebagian besar parameter mikrobiologi telah memenuhi standar, pengendalian khamir menjadi aspek krusial yang perlu diperbaiki untuk memastikan keamanan dan stabilitas produk secara menyeluruh..

Upaya mitigasi yang direkomendasikan meliputi optimalisasi pengeringan hingga kadar air $<12\%$, penyimpanan pada kelembapan relatif rendah ($<33\%$), penggunaan kemasan kedap udara atau vakum, serta peningkatan sanitasi pada tahap pascapengeringan (Hyun *et al.*, 2018). Meskipun daun jeruju mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antimikrob, peningkatan konsentrasi bahan utuh tidak selalu meningkatkan efektivitasnya. Hal ini disebabkan oleh keterikatan senyawa dalam matriks pangan serta terjadinya degradasi akibat proses pemanasan (Audah *et al.*, 2022; Yunasfi *et al.*, 2025).

Kadar Air

Kadar air *nori-like sheets* berbahan daun jeruju menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan ($p<0,05$), dengan perlakuan P2 menghasilkan kadar air terendah, diikuti P1, dan P3 sebagai yang tertinggi. Formulasi daun jeruju memengaruhi perbedaan kadar air pada semua perlakuan yang dikeringkan dengan kondisi yang sama. Proporsi bahan yang berbeda diduga memengaruhi komposisi matriks, khususnya kandungan serat dan komponen hidrofilik, sehingga berdampak pada kapasitas retensi air dan pelepasan kelembapan selama pengeringan.

Seluruh perlakuan memiliki kadar air jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan SNI 9105:2022 (14%), sehingga memenuhi persyaratan mutu dari aspek kadar air (BSN, 2022). Hasil pengujian kadar air pada *nori-like sheets* berbahan dasar daun jeruju mangrove menunjukkan bahwa seluruh perlakuan memiliki nilai yang relatif rendah dan masih memenuhi standar mutu, yaitu maksimal 14,0%. Secara rinci, perlakuan P1 memiliki kadar air sebesar $4,657\pm0,062^{ab}$, P2 sebesar $4,543\pm0,060^b$, dan P3 sebesar $4,757\pm0,055^a$. Berdasarkan hasil analisis

statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($p < 0,05$), yang ditunjukkan melalui notasi huruf superskrip berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan P2 menunjukkan nilai kadar air yang paling rendah dan berbeda nyata dengan P3, sedangkan P1 berada pada kelompok yang berbeda, namun masih dalam rentang yang relatif serupa. Hal ini sejalan dengan penelitian Prabaningrum *et al.* (2022) menyatakan bahwa variasi formulasi bahan pada produk nori artifisial memberikan pengaruh terhadap kadar air akhir produk. Temuan ini juga didukung oleh Ramadhan *et al.* (2022) yang melalui kajian meta-analisis menunjukkan bahwa komposisi bahan penyusun pada produk *nori-like sheets* berkontribusi terhadap perubahan karakteristik kimia, termasuk kadar air, sehingga formulasi menjadi faktor penting dalam menunjukkan mutu akhir produk.

Kadar air yang rendah pada seluruh perlakuan mengindikasikan bahwa proses pengeringan yang dilakukan cukup efektif dalam mengurangi kandungan air pada produk. Kondisi ini memberikan dampak positif terhadap stabilitas mikrobiologis dan umur simpan produk, karena kadar air yang rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan pangan. Perbedaan kadar air yang terjadi lebih dipengaruhi oleh variasi formulasi daun jeruju yang digunakan pada setiap perlakuan dibandingkan oleh proses pengeringan yang dilakukan, karena seluruh sampel dikeringkan dalam kondisi yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi formulasi bahan dan proses pengeringan yang terkontrol mampu menghasilkan produk dengan kadar

air rendah, memenuhi standar SNI, serta berpotensi memiliki daya simpan yang lebih baik.

Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu aparameter penting dalam penilaian keamanan pangan karena dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia apabila melebihi ambang batas yang ditetapkan. Beberapa logam berat yang menjadi persyaratan nori meliputi merkuri (Hg), timbel (Pb), kadmium (Cd), dan arsen (As). Keberadaan logam berat dapat berasal dari lingkungan perairan yang tercemar, proses penanganan, maupun peralatan yang digunakan dalam produksi. Pengujian logam berat pada produk *nori-like sheets* berbahan dasar daun mangrove jeruju dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman dikonsumsi sesuai dengan standar yang berlaku. Hasil pengujian logam berat ditunjukkan pada *Table 3*.

Merkuri

Kandungan merkuri (Hg) pada *nori-like sheets* daun jeruju berbeda nyata antarperlakuan ($p < 0,001$), dengan nilai tertinggi pada P2 dan terendah pada P3. Seluruh kadar Hg masih berada di bawah batas maksimum SNI 9105:2022 (0,03 mg/kg), sehingga produk dinyatakan aman dari aspek cemaran logam berat. Perbedaan antarperlakuan mengindikasikan adanya kemungkinan pengaruh formulasi terhadap fraksi Hg terukur pada produk akhir (BSN, 2022). Rendahnya Hg pada P3 diduga berkaitan dengan kemungkinan interaksi ion logam dengan matriks polisakarida, termasuk

Table 3 Results of heavy metal contamination test on holly mangrove nori-like sheets

Tabel 3 Hasil uji cemaran logam berat pada *nori-like sheets* mangrove jeruju

Heavy metal	P1	P2	P3	SNI 9105:2022
Hg	0.0275±0.00600 ^a	0.0283±0.00230 ^a	0.0257±0.00060 ^b	Max 0.03 mg/kg
Pb	0.1101±0.00200 ^a	0.1069±0.00120 ^b	0.1075±0.00110 ^b	Max 0.2 mg/kg
Cd	0.04743±0.00075 ^a	0.04963±0.00075 ^a	0.03970±0.00060 ^b	Max 0.05 mg/kg
As	0.2644±0.00310 ^a	0.2387±0.00270 ^b	0.2250±0.00300 ^b	Max 1.0 mg/kg

Different superscript letters within the same row indicate statistically significant differences among treatments ($p < 0.05$).



karagenan, melalui mekanisme pengikatan dan pembentukan kompleks sebagaimana dilaporkan dalam penelitian Khotimchenko *et al.* (2010) & Wang *et al.* (2018). Mekanisme tersebut tidak diuji secara langsung dalam penelitian ini dan memerlukan verifikasi melalui analisis spesifik interaksi logam matriks.

Distribusi merkuri (Hg) dalam jaringan mangrove juga dapat memengaruhi kadar logam pada produk olahan. Beberapa studi melaporkan bahwa daun mangrove mampu mengakumulasi merkuri akibat deposisi dari atmosfer dan penyerapan dari sedimen. Tingkat akumulasi tersebut berbeda pada setiap organ tanaman (Wolswijk *et al.*, 2020; Niu *et al.*, 2019). Temuan ini sejalan dengan Hwang *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa kandungan merkuri pada produk rumput laut kering umumnya rendah dan dipengaruhi oleh spesies, lingkungan tumbuh, serta proses pengolahan. Formulasi P3 menunjukkan keunggulan relatif dari aspek cemaran Hg.

Timbel (Pb)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar timbel (Pb) pada *nori-like sheets* berbasis daun jeruju berada pada kisaran rendah dan tidak berbeda nyata antar perlakuan ($F=3,36$; $p=0,105$). Nilai rata-rata Pb pada P1, P2, dan P3 relatif seragam, yaitu masing-masing $0,1101 \pm 0,002$; $0,1069 \pm 0,0012$; dan $0,1075 \pm 0,0011$ mg/kg, serta masih berada di bawah batas maksimum cemaran Pb yang ditetapkan dalam SNI 9105:2022 (0,2 mg/kg) (BSN, 2022). Hasil ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi daun jeruju dalam formulasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan Pb pada produk akhir.

Perbedaan kadar Pb antarperlakuan tidak menunjukkan variasi yang berarti, yang kemungkinan disebabkan oleh karakteristik daun jeruju sebagai organ fotosintetik yang memiliki kemampuan lebih rendah dalam mengakumulasi logam berat dibandingkan akar mangrove yang berinteraksi langsung dengan sedimen (Yanti *et al.*, 2021). Senyawa fenolik dan flavonoid pada daun jeruju berpotensi berinteraksi dengan ion logam melalui pembentukan kompleks, sebagaimana

dilaporkan oleh Wu *et al.* (2023). Interaksi tersebut tidak dianalisis dalam penelitian ini, sehingga kontribusinya terhadap kadar Pb yang terdeteksi masih bersifat indikatif. Temuan ini sejalan dengan laporan Lee *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kandungan Pb pada produk berbasis biomassa laut umumnya berada pada tingkat rendah dan relatif stabil, serta tidak meningkat secara signifikan akibat variasi formulasi.

Kadmium (Cd)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kadmium (Cd) pada *nori-like sheets* daun jeruju berbeda sangat nyata antar perlakuan ($F=164,78$; $p<0,00001$). Perlakuan P3 memiliki kadar Cd paling rendah dan berbeda signifikan dibandingkan P1 dan P2, sedangkan antara P1 dan P2 tidak menunjukkan perbedaan nyata. Nilai rata-rata Cd seluruh perlakuan berada pada kisaran 0,05 mg/kg dan masih memenuhi batas maksimum cemaran Cd sesuai SNI 9105:2022, sehingga produk tergolong aman dari aspek cemaran kadmium (BSN, 2022).

Perbedaan kadar Cd antarperlakuan kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik fisiologis tanaman mangrove. Beberapa studi melaporkan bahwa akumulasi Cd pada mangrove cenderung lebih dominan terjadi pada akar, sementara translokasi ke daun relatif terbatas sebagai bagian dari mekanisme adaptif tanaman dalam menghadapi stres logam berat (Jingchun *et al.*, 2008; Rahman *et al.*, 2011; Dai *et al.*, 2017). Kapasitas bioakumulasi Cd juga dapat bervariasi antarspesies mangrove dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh (Analuddin *et al.*, 2017; Hilmi *et al.*, 2023). Distribusi Cd pada bahan baku dalam penelitian ini tidak dianalisis secara terpisah antarorgan tanaman, sehingga mekanisme fisiologis tersebut tidak dapat dikonfirmasi secara langsung. Interpretasi mengenai pengaruh mekanisme akumulasi dan translokasi Cd masih bersifat berupa literatur pendukung. Formulasi P3 secara keseluruhan menunjukkan kadar Cd terendah di antara perlakuan yang diuji. Penetapan formulasi terbaik tetap perlu mempertimbangkan parameter keamanan dan mutu lainnya secara terpadu.

Arsen (As)

Kadar arsen total pada *nori-like sheets* daun jeruju berbeda nyata antarperlakuan ($p<0,05$), dengan P1 menunjukkan nilai tertinggi, sementara P2 dan P3 tidak berbeda signifikan. Seluruh kadar arsen masih jauh di bawah batas maksimum (1,0 mg/kg) sesuai SNI 9105:2022, sehingga produk dinyatakan aman dari aspek cemaran arsen. Perbedaan kadar arsen ini tidak menunjukkan hubungan linier dengan proporsi daun jeruju, melainkan dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku dan interaksi formulasi selama pengolahan (BSN, 2022).

Beberapa studi melaporkan bahwa pada tanaman mangrove, arsen lebih dominan terakumulasi pada sedimen dan jaringan akar dibandingkan bagian daun, sehingga penggunaan daun sebagai bahan baku tidak selalu meningkatkan kadar arsen secara proporsional (Tanjin *et al.*, 2024; Yu *et al.*, 2024). Tahapan pengolahan, yaitu pemanasan, pencampuran dengan hidrokoloid, dan pengeringan diketahui dapat menurunkan fraksi arsen yang mudah larut, yang berkontribusi terhadap rendahnya kadar arsen pada produk akhir (Kim *et al.*, 2020; FSANZ, 2013). Arsen merupakan kontaminan berisiko, arsen pada bahan pangan laut umumnya didominasi oleh bentuk organik dengan tingkat toksisitas lebih rendah dibandingkan arsen anorganik. Penelitian ini masih membatasi analisis pada arsen total sehingga kajian lanjutan melalui analisis spesiasi diperlukan untuk menghasilkan evaluasi risiko yang lebih komprehensif. (NFI, 2019). Formulasi *nori-like sheets* daun

jeruju secara keseluruhan menghasilkan produk dengan kadar arsen yang aman untuk dikonsumsi. Perlakuan P2 dan P3 menunjukkan profil arsen yang lebih rendah, serta menegaskan pentingnya pengendalian bahan baku dan proses pengolahan dalam meminimalkan cemaran logam berat pada pangan berbasis sumber daya pesisir.

Sensori

Uji sensori merupakan metode penilaian mutu pangan yang melibatkan panca indera manusia, yaitu penglihatan, penciuman, pengecap, perabaan, dan pendengaran. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk, baik dari segi warna, aroma, rasa, dan tekstur produk. Hasil uji sensori pada *nori-like sheets* dapat dilihat pada Table 4.

Warna

Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna pada seluruh perlakuan (P1, P2, dan P3) memperoleh skor $7,00\pm0,00$, tanpa perbedaan nyata antarsampel. Nilai ini menunjukkan bahwa panelis menyukai warna *nori-like sheets* daun jeruju secara seragam. Variasi proporsi daun jeruju dalam formulasi tidak memengaruhi tingkat kesukaan warna produk.

Keseragaman skor warna mengindikasikan bahwa tampilan visual produk pada seluruh perlakuan berada dalam rentang warna yang dapat diterima dan sesuai dengan karakteristik nori, yaitu hijau gelap hingga hijau kehitaman. Warna

Table 4 Sensory test results on holly mangrove *nori-like sheets*
Tabel 4 Hasil uji sensori pada *nori-like sheets* mangrove jeruju

Parameters	P1	P2	P3	SNI 9105:2022
Color	7.00±0.00 ^a	7.00±0.00 ^b	7.00±0.00 ^a	Min 7
Texture	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	6.00±0.00 ^a	Min 7
Appearance	8.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	Min 7
Aroma	6.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	Min 7
Taste	6.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	Min 7

Different superscript letters within the same row indicate statistically significant differences among treatments ($p<0.05$).



tersebut terutama ditentukan oleh keberadaan pigmen klorofil dan karotenoid pada daun jeruju, yang masih mampu memberikan kesan visual menarik meskipun mengalami proses pemanasan dan pengeringan (Zhao *et al.*, 2019; Kodikara *et al.*, 2020).

Hasil ini sejalan dengan Wrolstad & Smith (2017) yang menyatakan bahwa persepsi warna oleh panelis tidak selalu sensitif terhadap variasi kecil intensitas pigmen selama warna produk masih berada dalam kisaran visual yang diharapkan. Senyawa fenolik dan flavonoid dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang berpotensi menekan oksidasi pigmen selama pengolahan (Perez-Jimenez *et al.*, 2014). Stabilitas pigmen tidak dianalisis secara kimiawi dalam penelitian ini, sehingga interpretasi tersebut didasarkan pada rujukan literatur dan belum dapat dikonfirmasi secara eksperimental. Hasil uji sensori warna menegaskan bahwa seluruh *nori-like sheets* daun jeruju telah memenuhi kriteria penerimaan warna konsumen dengan skor minimum 7 sesuai BSN (2022) yaitu SNI 9105:2022.

Tekstur

Tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur *nori-like sheets* daun jeruju berbeda nyata antarperlakuan ($p < 0,05$). Perlakuan P3 memperoleh skor tertinggi (6,00) dan lebih disukai dibandingkan P1 dan P2 (5,00). Seluruh skor masih berada di bawah batas

minimum penerimaan SNI 9105:2022 (≥ 7) (BSN, 2022), sehingga secara sensori tekstur produk belum sepenuhnya memenuhi kriteria preferensi.

Perbedaan ini mencerminkan pengaruh rasio formulasi terhadap karakter fisik lembaran, mengingat proses pencetakan dan pengeringan dilakukan secara identik. P3 dipersepsikan memiliki tekstur yang lebih kompak dan fleksibel, sesuai dengan ekspektasi produk sejenis nori, sedangkan P1 dan P2 dinilai kurang optimal. Temuan ini konsisten dengan Zein (2021) dan Sulfiana *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa variasi komposisi daun jeruju memengaruhi penerimaan tekstur, serta sejalan dengan studi nori berbasis rumput laut yang menunjukkan preferensi terhadap tekstur kompak dan cukup fleksibel dibandingkan yang terlalu keras atau rapuh (Baptista *et al.*, 2022; Lu *et al.*, 2023). P3 secara keseluruhan menunjukkan penerimaan tekstur relatif terbaik, meskipun analisis tekstur instrumental tetap diperlukan untuk memperkuat korelasi antara persepsi sensorik dan parameter mekanik objektif.

Ketampakan

Ketampakan *nori-like sheets* berbasis daun mangrove jeruju (Figure 1) menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis terhadap ketampakan *nori-like sheets* daun jeruju berbeda antarperlakuan, dengan formulasi P1 memperoleh skor tertinggi, sedangkan P2

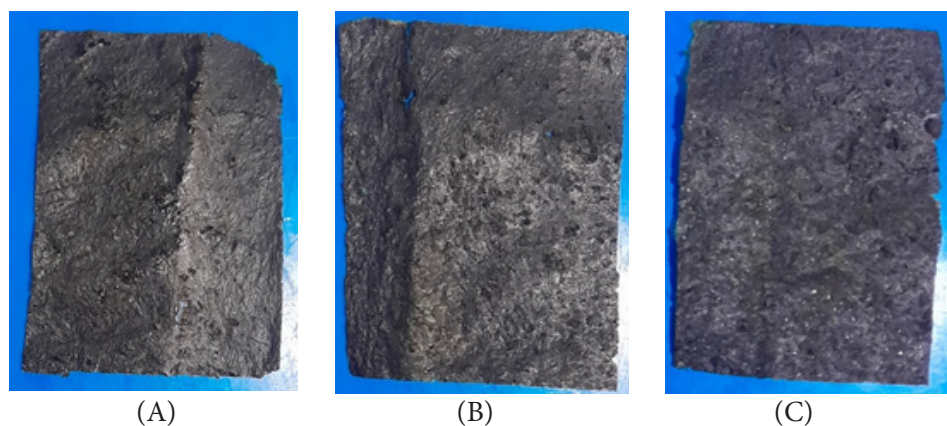


Figure 1 Appearance of nori-like sheets with varying additions of holly mangroves: (A) 5 g, (B) 50 g, and (C) 75 g.

Gambar 1 Ketampakan lembaran nori dengan berbagai penambahan daun mangrove jeruju; (A) 5 g, (B) 50 g, dan (C) 75 g

dan P3 menunjukkan penurunan penerimaan seiring meningkatnya proporsi daun jeruju. Perbedaan ini dikonfirmasi melalui uji *Kruskal-Wallis* yang menunjukkan perbedaan sangat nyata antar perlakuan ($p < 0,01$). Formulasi P1 menghasilkan ketampakan yang lebih seragam, ditandai warna hijau kehitaman yang homogen, permukaan relatif halus, dan lembaran yang utuh, sementara peningkatan konsentrasi daun pada P2 dan P3 cenderung menurunkan keseragaman visual dan meningkatkan kekasaran permukaan.

Penurunan penerimaan visual terutama berkaitan dengan perbedaan rasio bahan dalam formulasi, sehingga memengaruhi persepsi panelis. Pola ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa ketidakseimbangan antara bahan daun dan bahan pengikat pada produk *nori-like sheets* dapat menurunkan keseragaman warna dan kerapatan permukaan lembaran (Sinurat *et al.*, 2022; Rahmawati & Mu'awwinatun, 2023; Palal *et al.*, 2024). Temuan serupa juga dilaporkan pada produk lembaran berbasis daun lainnya, di mana peningkatan proporsi bahan daun cenderung menurunkan kualitas visual akibat keterbatasan proses homogenisasi matriks (Hinokidani *et al.*, 2022; Kartikaningsih *et al.*, 2025). Formulasi P1 secara keseluruhan memberikan ketampakan paling dapat diterima secara sensoris, menegaskan bahwa variasi proporsi daun jeruju berpengaruh nyata terhadap kualitas visual dan tingkat penerimaan panelis pada *nori-like sheets*.

Aroma

Perlakuan P1 memperoleh skor aroma tertinggi, sedangkan P2 dan P3 menunjukkan tingkat kesukaan yang lebih rendah. Meskipun seluruh skor aroma masih berada di bawah batas minimum menurut SNI 9105:2022 (nilai 7) (BSN, 2022), hasil ini mengindikasikan bahwa formulasi dengan proporsi daun jeruju lebih rendah lebih dapat diterima panelis dari aspek aroma dibandingkan formulasi dengan proporsi daun yang lebih tinggi.

Perbedaan tingkat kesukaan aroma berkaitan dengan variasi jumlah daun jeruju dalam formulasi. Daun *A. ilicifolius* L. diketahui mengandung senyawa volatil dan bioaktif yang memberikan aroma

khas, sehingga peningkatan proporsinya cenderung menghasilkan aroma yang lebih intens dan kurang disukai secara sensoris. Fenomena serupa dilaporkan pada produk berbasis bahan nabati, di mana peningkatan konsentrasi bahan tertentu dapat memperkuat aroma spesifik tanpa diikuti peningkatan penerimaan panelis (Purwanto *et al.*, 2026). Proses pengeringan turut memengaruhi pembentukan aroma melalui interaksi senyawa volatil selama pemanasan, yang dapat memperkuat karakter aroma bahan daun jeruju (Aisiah *et al.*, 2022). Formulasi P1 secara keseluruhan menunjukkan penerimaan aroma terbaik berdasarkan uji sensoris, sementara peningkatan proporsi daun jeruju cenderung menurunkan tingkat kesukaan akibat aroma yang semakin kuat. Hasil ini menegaskan bahwa pengendalian formulasi menjadi faktor penting dalam memperoleh keseimbangan aroma pada pengembangan *nori-like sheets* berbasis daun mangrove jeruju.

Rasa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 memiliki tingkat kesukaan rasa tertinggi dan berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan P2 dan P3. Hal ini mengindikasikan bahwa formulasi dengan proporsi daun jeruju yang lebih rendah menghasilkan rasa yang lebih dapat diterima, sedangkan peningkatan jumlah daun pada P2 dan P3 cenderung menurunkan penerimaan panelis.

Penurunan tingkat kesukaan rasa tersebut berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif daun *A. ilicifolius* L., yaitu fenolik, tanin, flavonoid, saponin, dan alkaloid, yang diketahui berkontribusi terhadap rasa astringen dan pahit. Intensitas rasa khas ini dilaporkan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bahan nabati dalam formulasi pangan (Singh *et al.*, 2013; Tripathi *et al.*, 2024; Wulansari *et al.*, 2024;). Formulasi P1 menghasilkan keseimbangan rasa yang lebih harmonis karena karakter khas daun jeruju tidak mendominasi, sementara pada P2 dan P3 akumulasi senyawa pembentuk rasa menyebabkan sensasi yang lebih kuat dan kurang disukai. Temuan ini sejalan dengan laporan bahwa pengaturan proporsi bahan



nabati kaya senyawa bioaktif merupakan faktor penting dalam meningkatkan penerimaan rasa produk berbasis daun (Sravya *et al.*, 2023). Formulasi P1 secara keseluruhan memberikan profil rasa paling disukai panelis, sedangkan peningkatan proporsi daun jeruju cenderung menurunkan penerimaan sensorik dari aspek rasa.

Beberapa interpretasi terkait mekanisme fisikokimia, interaksi matriks, dan pengikatan logam dalam pembahasan ini didasarkan pada pendekatan literatur, mengingat parameter struktur mikro, *water activity*, kapasitas retensi air, maupun analisis spesiasi logam tidak diukur secara langsung. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengonfirmasi mekanisme yang diusulkan secara eksperimental.

KESIMPULAN

Formulasi daun mangrove jeruju berpengaruh terhadap kualitas sensori dan keamanan pangan produk nori-like sheets. Perlakuan P1 (25 g daun jeruju) menghasilkan tingkat penerimaan sensori terbaik pada aspek ketampakan, aroma, dan rasa. Seluruh perlakuan memenuhi standar cemaran ALT, *E. coli*, dan logam berat sesuai SNI, meskipun jumlah kapang dan khamir masih melebihi batas yang ditetapkan. Formulasi P1 berpotensi dikembangkan sebagai produk pangan fungsional berbasis mangrove dengan perbaikan pada pengendalian proses pascapanen dan stabilitas mikrobiologis produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis, Sulfiana selaku ketua penerima Hibah mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan melalui Hibah Riset Penelitian Tahun 2025 dengan Nomor Kontrak: 143/KTK/II.3.AU/J/2025, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisiah, S., Rini, R. K., Tanod, W. A., Fatmawati, F., Fauzana, N. A., Olga, O., & Riyadi, P. H. (2022). Metabolomic profiling of jeruju (*Acanthus ilicifolius*) leaf extract with antioxidant and antibacterial activity on *Aeromonas hydrophila* growth. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(8), 057–069. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2022.120807>
- Akhand, A., Chanda, A., Dutta, S., Hazra, S., & Sanyal, P. (2012). Comparative study of heavy metals in selected mangroves of Sundarban ecosystem. *Journal of Environmental Biology*, 33(6), 1045–1049. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23741799/>
- Al Wazzan, I. M., Wullandari, P., & Fauzi, A. (2021). Effect of dried *Eucheuma cottonii* stored in seaweed storage device on its quality. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(2), 137–140. <https://doi.org/10.22146/jfs.66232>
- Analuddin, K., Sharma, S., Septiana, A., Sahidin, I., Rianse, U., & Nadaoka, K. (2017). Heavy metal bioaccumulation in mangrove ecosystem at the coral triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1–2), 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.065>
- Andriani, D., Muthmainnah, H., & Hidayati, R. (2020). Identification of compounds and antimicrobial activity of methanolic extract from *Acanthus ilicifolius* L. *Biodiversitas*, 21(11), 5227–5233. <https://smujo.id/biodiv/article/view/5649>
- Audah, K. A., Ettin, J., Darmadi, J., Azizah, N. N., Anisa, A. S., Hermawan, T. D. F., Tjampakasari, C. R., Heryanto, R., Ismail, I. S., & Batubara, I. (2022). Indonesian mangrove *Sonneratia caseolaris* leaves ethanol extract is a potential super antioxidant and anti-MRSA drug. *Molecules*, 27(23), 8369. <https://doi.org/10.3390/molecules27238369>
- Baptista, R. S., Teles, M., Adão, P., Afonso, C., Bernardino, R., Bernardino, S., Ferro, A. C., Elias, S., & Guedes, M. (2022). Morphological and mechanical characterization of films

- incorporating porphyran. *Coatings*, 12(11), 1720. <https://doi.org/10.3390/coatings12111720>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 7354.5:2011. Cara uji kimia-bagian 5: penentuan kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015a). SNI 2332.1:2015. Cara uji mikrobiologi-bagian 1: penentuan koliform dan *Escherichia coli* pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015b). SNI 2332.3:2015. Cara uji mikrobiologi-bagian 3: penentuan angka lempeng total (ALT) pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015c). SNI 2332.7:2015. Cara uji mikrobiologi-bagian 7: perhitungan kapang dan khamir pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015d). SNI 2346:2015. Pedoman pengujian sensori pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 2354.6:2016. Cara uji kimia-bagian 6: penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 7354.15:2017. Cara uji kimia-bagian 15: penentuan arsen (As) total pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2022). SNI 9105:2022. Nori. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dai, M., Lu, H., Liu, W., Jia, H., Hong, H., Liu, J., & Yan, C. (2017). Phosphorus mediation of cadmium stress in two mangrove seedlings *Avicennia marina* and *Kandelia obovata* differing in cadmium accumulation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139, 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.01.017>
- Firdaus, N. A., & Widiyantoro, A. (2025). Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun daruju (*Acanthus ilicifolius* Linn) terhadap *Escherichia coli*. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 4(3). <https://doi.org/10.59188/jcs.v4i3.3070>
- [FSANZ] Food Standards Australia New Zealand. (2013). Hijiki seaweed and inorganic arsenic-risk statement. Canberra: Food Standards Australia New Zealand.
- Gopal, B., & Chauhan, M. (2006). Biodiversity and its conservation in the Sundarbans mangrove ecosystem. *Aquatic Sciences*, 68(3), 338-354. <https://doi.org/10.1007/s00027-006-0868-8>
- Hilmi, E., Prayogo, N. A., Junaidi, T., Mahdiana, A., & Fikriyya, N. (2023). Adaptive pattern of mangrove species and the mangrove landscaping in the heavy metal polluted area of Eastern Segara Anakan Lagoon, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(5), 2927-2937. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240548>
- Hinokidani, K., Aoki, R., Inoue, T., Irie, M., & Nakanishi, Y. (2022). Usability of mangrove plant leaves as tea materials: a comparison study on phenolic content and antioxidant capacities with commercial teas. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 40, 102-307. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102307>
- Hwang, Y. O., Park, S. G., Park, G. Y., Choi, S. M., & Kim, M. Y. (2010). Total arsenic, mercury, lead, and cadmium contents in edible dried seaweed in Korea. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 3(1), 7-13. <https://doi.org/10.1080/19440040903532079>
- Hyun, J. E., Kim, J. H., Choi, Y. S., Kim, E. M., Kim, J. C., & Lee, S. Y. (2018). Evaluation of microbial quality of dried foods stored at different relative humidity and temperature, and effect of packaging methods. *Journal of Food Safety*, 38(2), 1-9. <https://doi.org/10.1111/jfs.12433>
- Jingchun, L., Chongling, Y., Ruifeng, Z., Haoliang, L., & Guangqiu, Q. (2008). Speciation changes of cadmium in mangrove (*Kandelia candel* (L.))



- rhizosphere sediments. *Bulletin of Environmental contamination and Toxicology*, 80(3), 231-236. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9351-z>
- Kartikaningsih, H., Fitriana, N., Anggraeni, I. L., Semedi, B., & Koentjoro, M. P. (2025). The potential of *Sonneratia caseolaris* mangrove leaves extract as a bioactive food ingredient using various water extract. *F1000Research*, 13, 249. <https://doi.org/10.12688/f1000research.143708.4>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81-251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Khotimchenko, Y. S., Khozhaenko, E. V., Khotimchenko, M. Y., Kolenchenko, E. A., & Kovalev, V. V. (2010). Carrageenans as a new source of drugs with metal binding properties. *Marine Drugs*, 8(4), 1106-1121. <https://doi.org/10.3390/md8041106>
- Kim, M. H., Kim, J., Noh, C.-H., Choi, S., Joo, Y.-S., & Lee, K.-W. (2020). Monitoring arsenic species content in seaweeds produced off the Southern Coast of Korea and its risk assessment. *Environments*, 7(9), 68. <https://doi.org/10.3390/environments7090068>
- Kodikara, A. S. S., Pathmasiri, R., Irfan, A., Pullukuttige, J. L., Madarasinghe, S. K., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N. (2020). Oxidative stress, leaf photosynthetic capacity and dry matter content in young mangrove plant *Rhizophora mucronata* Lam. under prolonged submergence and soil water stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26, 1609-1622. <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00843-w>
- Lee, K. J., Kang, E. H., Yoon, M., Jo, M. R., Yu, H., Son, K. T., Jeong, S. H., & Kim, J. H. (2022). Comparison of heavy metals and arsenic species in seaweeds collected from different regions in Korea. *Applied Sciences*, 12(14), 7000. <https://doi.org/10.3390/app12147000>
- Lovdal, T., Lunestad, B. T., Myrnes, M., Rosnes, J. T., & Skipnes, D. (2021). Microbiological food safety of seaweeds. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(11), 2719. <https://doi.org/10.3390/foods10112719>
- Manuhuttu, D., & Saimima, N. A. (2021). Potensi ekstrak daun mangrove (*Sonneratia alba*) sebagai antibakteri terhadap *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli*. *Biopendix: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, 7(2), 71-79. <https://doi.org/10.30598/biopendixvol7issue2page71-79>
- Martelli, F., Marrella, M., Lazzi, C., Neviani, E., & Bernini, V. (2021). Microbiological contamination of ready-to-eat algae and evaluation of *Bacillus cereus* behavior by microbiological challenge test. *Journal of Food Protection*, 84(7), 1275-1280. <https://doi.org/10.4315/jfp-20-407>
- Niu, Z., Cao, Y., Zhao, W., & Li, R. (2019). Distribution and assessment of mercury (Hg) in surface sediments of Futian mangrove forest, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 41(1), 125-134. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0151-7>
- Okla, M. K., Alatar, A. A., Al-amri, S. S., Soufan, W. H., Ahmad, A., & Abdel-Maksoud, M. A. (2021). Antibacterial and antifungal activity of the extracts of different parts of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. *Plants*, 10(2), 252. <https://doi.org/10.3390/plants10020252>
- Palal, N. H., Hairul, N. H. N., & Abidin, M. H. S. Z. (2024). A study of acceptance toward moringa. *International Journal of Technical Vocational and Engineering*, 5(1), 231-236. <https://journal.pktm.com.my/index.php/ijtv/article/view/127>
- Pamungkas, R. A. P., Swastawati, F., & Purnamayati, L. (2023). Karakteristik fisika dan kimia nori rumput laut dengan penambahan surimi ikan kurisi (*Nemipterus nematophorus*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 5(2), 111-120. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2023.15035>
- Paulo, A., Martins, S., Branco, P., Dias, T., Borges, C., Rodrigues, A. I., Costa, M. D. C., Teixeira, A., & Mota-Filipe, H. (2008).

- The opposing effects of the flavonoids isoquercitrin and sissotrin, isolated from *Pterospartum tridentatum*, on oral glucose tolerance in rats. *Phytotherapy Research*, 22(4), 539–543. <https://doi.org/10.1002/ptr.2403>
- Pérez-Jiménez, J., Díaz-Rubio, M. E., Mesías, M., Morales, F. J., & Saura-Calixto, F. (2014). Evidence for the formation of maillardized insoluble dietary fiber in bread: a specific kind of dietary fiber in thermally processed food. *Food Research International*, 55, 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.031>
- Prabaningrum, S. D., Bintoro, V. P., & Abduh, S. B. M. (2022). Pengaruh konsentrasi bahan pengikat terhadap nilai rendemen, kadar air, aktivitas air dan warna pada nori artifisial daun cincau. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(2), 47–52. <https://doi.org/10.17728/jatp.14367>
- Purwanto, P., Irianto, I. D. K., Wahyuni, T. S., & Zakaria, Z. A. (2026). Chemistry and biological activities of *Acanthus ilicifolius*. In H. N. Murthy (Ed.), *Bioactive compounds in mangroves and their associates* (Reference Series in Phytochemistry). Springer.
- Quek, W. P., Ong, Y. H., Yap, M. K. K., Lee, Y. Y., Ab Karim, N. A., & Chan, E. S. (2023). A comparative study of the oxidative stability and the formation of monochloropropanediol esters (MCPDE) and glycidyl esters (GE) between physically and chemically refined palm olein during repeated deep-frying. *Food Control*, 150, 109737. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109737>
- Rahman, M. M., Rahman, M. M., Chongling, Y., & Islam, K. S. (2011). Accumulation, distribution and toxicological effects induced by cadmium on the development of mangrove plant *Kandelia candel* (L.). *Contemporary Problems of Ecology*, 4(2), 133–139. <https://doi.org/10.1134/S1995425511020032>
- Rahman, S. A., Sangkia, F. D., & Larekeng, F. A. (2023). Using fermentation liquid from mangrove leaves *Avicennia marina* in combination with temperature on seaweed *Kappaphycus alvarezii* in controlled media [Conference session]. *4th Borobudur International Symposium on Science and Technology 2022 (BIS-STE 2022)*, Atlantis Press, 875–885. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-284-2_92
- Rahmawati, R., & Mu'awwinatun, N. (2023). Characteristics of nori moringa leaves with suweg (*Amorphophallus campanulatus*) starch addition. *Agritech*, 43(4), 364–372. <https://doi.org/10.22146/agritech.68612>
- Ramadhan, W., Khoirunnisa, Z., Uju, Tarman, K., Oktaviarty, V., & Meydia. (2022). Meta-analysis on the effect of ingredients on chemical quality of nori-like product. *Coastal and Ocean Journal (COJ)*, 6(2), 63–72. <https://doi.org/10.29244/coj.v6i2.44813>
- Rumengan, A. P., Mandiangan, E. S., Tanod, W. A., Paransa, D. S. J., Paruntu, C. P., & Mantiri, D. M. H. (2021). Identification of pigment profiles and antioxidant activity of *Rhizophora mucronata* mangrove leaves origin Lembeh, North Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(7), 2805–2816. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220730>
- Salim, G., Indarjo, A., Prakoso, L. Y., Hartati, R., Daengs, A. G. S., Aslan, L. O. M., & Ransangan, J. (2022). Phytochemical and antibacterial effects of leaf extract from mangrove plant (*Avicennia marina*) on *Vibrio parahaemolyticus* in shrimps. *World's Veterinary Journal*, 12(3), 260–265. <https://doi.org/10.54203/scil.2022.wvj32>
- Shackira, A.M., Puthur, J. T., & Nabeesa, S. E. (2017). *Acanthus ilicifolius* L. a promising candidate for phytostabilization of zinc. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(282). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6001-8>
- Singh, D., & Aeri, V. (2013). Phytochemical and pharmacological potential of *Acanthus ilicifolius*. *J Pharm Bioallied Sci*, 5(1), 17–20. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.106557>
- Sinurat, E., Fransiska, D., Utomo, B. S, B., Subaryono, Nurhayati., & Sihono.



- (2022). Characteristics of nori-like product prepared from seaweeds growing in Indonesia. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(6), 525-535. <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2077677>
- Siregar, E. S., Sitorus, T., & Manurung, D. (2025). Bioaccumulation of heavy metals by *Acanthus ilicifolius* in mangrove ecosystems. *Emerging Science Journal*, 9(1), 51–60. <https://ijournalse.org/index.php/ESJ/article/view/2856>
- Sravya, M. V. N., Simhachalam, G., Kumar, N. S. S., Govindarao, K., Sandeep, T. R., & Divya, D. (2023). Anti-pathogenicity of *Acanthus ilicifolius* leaf extracts against *A. hydrophila* infection in *Labeo rohita* fingerlings. *AMB Express*, 13(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s13568-023-01595-y>
- Sulfiana., Hardianti F., Tanasali, F., Ghela, M. M., Kelibay, A., & Muslimin, I. (2025). Karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan dalam pengembangan nori dari daun mangrove jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.). *Journal Galung Tropika*, 14(2), 174–183. <https://doi.org/10.31850/jgt.v14i2.1366>
- Tanjin, F., Rahman, M. M., Jolly, Y. N., Riya, K. K., Akter, S., Albeshr, M. F., Arai, T., Yu, J., & Hossain, M. B. (2024). Accumulation and phytoremediation potentiality of trace and heavy metals in some selected aquatic plants from a highly urbanized subtropical estuary. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(7), 11-31. <https://doi.org/10.3390/jmse12071131>
- Tomlinson, P. B. (2016). The botany of mangroves. Cambridge University Press.
- Tripathi, G., Behera, B., Marndi, S., Hossain, E., Kumar, S., & Panda, A. (2024). *Acanthus ilicifolius* L.: a medicinal plant of mangroves. *Medicinal Acanthaceae of India*, 1(15), 15-22. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14208234>
- Valentine, G., Sumardianto, & Wijayanti, I. (2020). Karakteristik nori dari campuran rumput laut *Ulva lactuca* dan *Gelidium sp.*: characteristic of nori from combination of *Ulva lactuca* and *gelidium seaweed*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 295-302. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.32340>
- Wang, S., Vincent, T., Faur, C., & Guibal, E. (2018). A comparison of palladium sorption using polyethylenimine impregnated alginate-based and carrageenan-based algal beads. *Applied Sciences*, 8(2), 264. <https://doi.org/10.3390/app8020264>
- Wolswijk, G., Satyanarayana, B., Siau, Y. F., Ali, A. N. B., Saliu, I. S., Fisol, M. A. B., Gonnelli, C., & Dahdouh-Guebas, F. (2020). Distribution of mercury in sediments, plant and animal tissues in Matang Mangrove Forest Reserve, Malaysia. *Journal of Hazardous Materials*, 387(5), 121665. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121665>
- Wrolstad, R. E., & Smith, D. E. (2017). Color analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) Food analysis. food science text series. Springer, Cham.
- Wu, Z., Shang, X., Liu, G., & Xie, Y. (2023). Comparative analysis of flavonoids, polyphenols and volatiles in roots, stems and leaves of five mangroves. *PeerJ*, 11, e15529. <https://doi.org/10.7717/peerj.15529>
- Wulansari, N. T., Padmiswari, A. A. I. M., Harditya, K. B., & Sintyadewi, P. R. (2024). *Acanthus ilicifolius* leaf extract potential as an alternative functional food beverage. *Jurnal Pijar MIPA*, 19(2), 331–336. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i2.6590>
- Yanti, G., Jamarun, N., Suyitman, S., Satria, B., & Sari, R. W. W. (2021). Mineral status of soil, sea water, and mangrove (*Avicennia marina*) forages in several coastal areas of West Sumatra. *Veterinary world*, 14(6), 1594–1601. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1594-1601>
- Yu, Y., Morales-Rodriguez, A., Zhou, G., Barrón, D., Sahuquillo, À., & López-Sánchez, J. F. (2024). Survey of arsenic content in edible seaweeds and their health risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 187, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2024.114603>
- Yunasfi, Y., Lubis, S. R., Utomo, B., Dalimunthe,

- A., Sihotang, V. M., Sembiring, S., Sitepu, G. A., Purba, J. G. M., Silalahi, R., Susetya, I. E., Fadhillah, A., & Noer, Z. (2025). Diversity of fungal species and decomposition of *Rhizophora mucronata* leaf litter in the Deli Belawan River Estuary, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 26(4), 1631-1640. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260414>
- Zein, F. F. (2021). Pengaruh formula daun jeruju (*Acanthus ilicifolius*) dan rumput laut *Eucheuma cottonii* terhadap kualitas *nori-like sheets*. [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Zhang, Y., Chen, J., & Zhou, Y. (2022). Anti-inflammatory and antioxidant activities of acteoside from *Acanthus ilicifolius* var. *xiamenensis*. *Applied Biological Chemistry*, 65, 95–104. <https://doi.org/10.1186/s13765-022-00695-w>
- Zhao, Y., Yan, C., Lu, S., Wang, P., Qiu, G. Y., & Li, R. (2019). Estimation of chlorophyll content in intertidal mangrove leaves with different thicknesses using hyperspectral data. *Ecological Indicators*, 106, 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105511>