BAB II
KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Nori

Nori merupakan salah satu produk makanan tradisional yang diolah dari rumput laut memiliki bentuk seperti lembaran tipis yang berasal dari Jepang yang dibuat dari bahan dasar rumput laut *Porphyra* (Pamungkas et al., 2023). Secara botani, nori merujuk pada spesies rumput laut merah dari genus *Pyropia* (sebelumnya *Porphyra*), yang paling umum adalah *Pyropia yezoensis* dan *Pyropia tenera*. Proses produksinya melibatkan pencucian, pemotongan, penekanan menjadi lembaran tipis, dan pengeringan, mirip dengan pembuatan kertas tradisional. Nori tidak hanya dihargai karena rasanya yang *umami* (gurih) dan teksturnya yang renyah, tetapi juga karena profil nutrisinya yang kaya, menjadikannya bahan pangan yang sangat dicari di seluruh dunia.



Gambar 2.1 *Porphyra*
(Sumber: Craig Peter, 2025)



Gambar 2.2 Nori lembaran
(Sumber: Niken Bestari, 2023)

Nori adalah produk berbentuk lembaran tipis yang dihasilkan dari rumput laut genus *Porphyra* (Saputri et al., 2024). Nori memiliki warna hijau gelap hingga kehitaman, bertekstur rapuh saat kering, dan menjadi bahan penting dalam kuliner Asia Timur. Di Jepang, nori digunakan untuk membungkus sushi, membuat onigiri, dan sebagai camilan siap santap. Kandungan nutrisinya meliputi protein nabati, serat pangan, vitamin B12, yodium, zat besi, kalsium, dan senyawa antioksidan. Menurut Rizkaprilisa (2023) Rumput laut memiliki kandungan nutrisi yang tinggi yaitu berupa karbohidrat (20-51%) dan serat pangan (36-60%), serta komponen bioaktif (senyawa fenolik, pigmen alami, polisakarida sulfat, dan senyawa halogen) yang menjadikannya sebagai sumber pangan fungsional dengan kepadatan nutrisi tinggi.



Gambar 2.3 Penggunaan nori pada onigiri
(Sumber: Handoko, 2024)

Nori merupakan salah satu sumber nutrisi yang luar biasa, menyediakan berbagai vitamin, mineral, serat, dan bahkan protein lengkap. Keunggulan nutrisinya telah banyak didokumentasikan dalam penelitian ilmiah. Studi oleh Safia et al. (2020) menyatakan bahwa rumput laut, termasuk jenis *Pyropia* (nori), merupakan sumber yang kaya akan serat pangan, protein, vitamin (terutama B12), dan mineral esensial seperti yodium, besi, dan kalsium. Kandungan vitamin B12 dalam nori sangat menarik, terutama bagi vegetarian dan vegan, karena vitamin ini umumnya sulit didapatkan dari sumber nabati. Selain itu, nori juga mengandung antikanker, antioksidan kuat seperti karotenoid dan flavonoid yang berperan dalam melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif.

Lebih dari sekadar bahan makanan, konsumsi nori juga dikaitkan dengan berbagai manfaat kesehatan. Kandungan seratnya yang tinggi membantu menjaga kesehatan pencernaan, mencegah sembelit, dan mendukung rasa kenyang, yang dapat berkontribusi pada pengelolaan berat badan. Yodium yang melimpah dalam nori sangat penting untuk fungsi tiroid yang sehat, membantu regulasi metabolisme tubuh. "Ketersediaan yodium yang cukup dari sumber alami seperti nori sangat krusial untuk mencegah gangguan tiroid yang umum di banyak populasi," menurut artikel yang diterbitkan oleh Food and Agriculture Organization (FAO) pada tahun 2021 mengenai potensi pangan laut. Selain itu, beberapa penelitian awal menunjukkan potensi nori dalam menurunkan kadar kolesterol, mengatur gula darah, dan bahkan memiliki sifat anti kanker karena senyawa bioaktifnya. Dengan demikian, nori bukan hanya menambah dimensi rasa pada hidangan, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap kesehatan secara keseluruhan, menjadikannya superfood yang relevan dalam diet modern.

B. Nori Berbahan Sayuran

Secara tradisional, nori dibuat dari spesies rumput laut jenis *Porphyra* yang merupakan rumput laut merah. Rumput laut jenis tersebut tidak banyak ditemui di Indonesia, hal ini karena rumput laut ini hanya tumbuh pada perairan dengan iklim subtropis. Ketersediaan rumput laut di Indonesia jenis *Porphyra* sp. terbatas, yaitu hanya tumbuh di Maluku khususnya sekitar Pulau Ambon pada musim tertentu dalam waktu yang singkat (Fransiska et al., 2022). Menurut Sinurat et al. (2022) impor produk nori pada data tahun 2020 tercatat 321ton dengan nilai $4.648.000 dari berbagai negara, yaitu Korea Selatan, Cina, Thailand, Amerika Serikat, dan Jepang. Impor nori yang besar menjadi perhatian pemerintah terkait produk impor, hal ini dikarenakan adanya ketergantungan yang tinggi pada pasokan nori. *Porphyra* sp. memiliki aspek ekofisiologis budidaya yang paling potensial, namun pengembangannya hanya di Asia Timur yang beriklim subtropis. Oleh karena itu terciptalah kemajuan inovasi pangan dengan muncul terobosan dalam bentuk nori berbahan dasar sayuran. Konsep ini merupakan hasil rekayasa cerdas dari proses pembuatan nori konvensional, yang dirancang untuk menghasilkan alternatif yang serupa. Sesuai namanya, nori berbahan sayuran umumnya memanfaatkan sayuran berdaun hijau, seperti bayam atau kale, agar produk akhir dapat menyerupai

tampilan nori tradisional. Selain itu, inovasi ini juga menawarkan solusi ideal bagi individu yang memiliki alergi terhadap rumput laut, memungkinkan mereka untuk tetap menikmati pengalaman mengkonsumsi nori tanpa perlu khawatir akan reaksi alergi.

Munculnya nori berbahan sayuran ini sejalan dengan tren global yang semakin meningkat dalam pengembangan produk makanan berbasis nabati dan alternatif inovatif. Fenomena ini didorong oleh berbagai faktor, termasuk kekhawatiran akan keberlanjutan lingkungan, tuntutan konsumen akan pilihan makanan yang lebih sehat, dan kebutuhan untuk memenuhi preferensi diet atau batasan alergi. Meskipun penelitian ilmiah yang spesifik mengenai "nori berbahan sayuran" sebagai kategori produk yang mapan masih berkembang, konsep di baliknya sangat relevan dengan upaya yang sedang berlangsung dalam industri pangan untuk menciptakan *plant-based alternatives* dan memanfaatkan potensi bahan baku nabati.

Pola diet yang berfokus pada asupan nabati dicirikan oleh konsentrasi serat dan fitokimia yang tinggi, dengan kadar lemak yang berkisar dari rendah hingga sedang. Struktur nutrisi ini berkontribusi pada profil diet yang sangat bergizi dan terbukti efektif dalam memfasilitasi manajemen obesitas serta mitigasi risiko penyakit kardiovaskular. Dengan memberikan dampak fisiologis yang menguntungkan, pola makan ini merupakan modalitas utama yang vital untuk pencegahan dan pengurangan risiko penyakit (Craig et al., 2021). Nori sayuran merupakan contoh nyata dari bagaimana teknologi pangan dan kreativitas dapat menghasilkan solusi yang inklusif bagi pasar konsumen yang beragam.

1. Nori Genjer dan Albedo Semangka

Genjer (*Limnocharis flava*) merupakan salah satu tanaman yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan nori. Sering dianggap sebagai gulma, genjer sebetulnya telah lama dimanfaatkan sebagai sayuran oleh masyarakat pedesaan dan kini semakin populer berkat kandungan gizinya. Tanaman ini tumbuh subur di perairan dangkal seperti sawah, rawa, atau kolam, dan mudah ditemukan dipasar tradisional juga memiliki harga yang sangat ekonomis. kandungan klorofil yang terdapat pada genjer memungkinkan nori daun kelor memiliki tampilan serupa dengan nori komersial.



Gambar 2.4 Daun Genjer
(Sumber: Bagus Zuhair, 2024)



Gambar 2.5 Albedo semangka
(Sumber: Muhammad Ilham, 2023)

Salah satu bahan pangan yang mengandung pektin yang cukup tinggi selain rumput laut yaitu albedo semangka. Albedo adalah bagian kulit buah yang paling tebal, disebut juga daging kulit buah yang berwarna putih dan memiliki rasa yang sedikit asam (Hidayah et al., 2020). Albedo semangka mempunyai kandungan pektin tinggi sekitar 21,03%, namun albedo semangka ini kurang diminati masyarakat sehingga seringkali dibuang dan menajdi limbah. Berkat kandungan pektin yang cukup tinggi, albedo semangka dinilai cocok menjadi bahan tambahan dalam pembuatan nori pengganti rumput laut.

Bahan pengikat yang digunakan dalam proses pembuatan nori yaitu kappa karagenan sebanyak 0,9%, dan bahan tambahan lain seperti air, tomat, bawang merah, bawang putih, lada, garam dan gula putih. Proses pembuatan dimulai dengan pembuatan puree genjer dan albedo semangka melalui tahap pengukusan,

penghalusan, penghalusan dan pencampuran antara pure genjer dan pure albedo semangka. Proses berlanjut ke tahap pencampuran dengan bahan tambahan juga karagenan kemudian dihaluskan lagi agar bahan tercampur rata. proses terakhir bahan dicetak dan dikeringkan dengan suhu 60° selama 11 jam 30 menit.

Nori yang dihasilkan dilakukan uji kimia (kadar air, abu, dan serat). Analisis data pada penelitian ini menggunakan program Desain Expert 13 dan program SPSS dengan uji statistik yaitu uji sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95%. Formulasi nori analog terpilih pada program Desain Expert 13 adalah nori yang terbuat dari 70% albedo semangka: 30% genjer: 0,9% karagenan: 1,5% penyedap rasa: 0,2% asam sitrat. Nori analog ini mengandung kadar air 5,2%, kadar abu 5,6%, dan kadar serat kasar 22,9% (Lestari et al., 2024).

2. Nori Pakcoy

Pakcoy, atau juga dikenal dengan nama bok choy (*Brassica rapa subsp. chinensis*), adalah salah satu jenis sayuran daun dari keluarga kubis-kubisan (*Brassicaceae*) yang sangat populer di Asia Timur dan kini telah mendunia. Tanaman ini memiliki ciri khas batang berwarna putih kehijauan yang tebal dan renyah, serta daun berwarna hijau gelap yang lebar dan bergelombang. Rasanya yang lembut dan segar menjadikan pakcoy pilihan favorit dalam berbagai hidangan, mulai dari tumisan, sup, hingga pelengkap mie dan salad.



Gambar 2.6 Pakcoy
(Sumber: Shintaloka Pradita Sicca,2025)

Pengembangan nori berbahan pakcoy melibatkan beberapa tahapan, termasuk pengolahan awal pakcoy dimulai dari pemilihan, pencucian, blanching, pembuatan bubur atau pasta, penambahan bahan pengikat atau penguat tekstur (misalnya hidrokoloid atau pati), pencetakan menjadi lembaran tipis, dan pengeringan dengan

hot air drying atau *freeze-drying*. Hasil produk diharapkan mempertahankan profil nutrisi pakcoy, seperti vitamin A, C, K, serta antioksidan dan serat, yang berkontribusi pada manfaat kesehatan (Podsedek, 2007). Tantangan utama dalam pembuatan nori pakcoy meliputi pencapaian tekstur yang renyah namun tidak rapuh, stabilitas warna hijau selama pengeringan, dan pengembangan rasa umami yang khas. Meskipun masih dalam tahap penelitian dan pengembangan, nori pakcoy berpotensi menjadi camilan sehat atau bahan pelengkap makanan yang inovatif, menawarkan alternatif bagi konsumen yang mencari produk nabati dengan nilai gizi tinggi.

3. Nori Tanaman Pakis dan Ikan Teri

Tanaman pakis, yang sering dikenal dengan nama *fiddlehead ferns* merupakan jenis sayuran yang kaya akan nutrisi dan menawarkan berbagai manfaat kesehatan. Tumbuhan ini memiliki kandungan gizi yang tinggi, termasuk vitamin A, vitamin C, serta mineral penting seperti kalium, mangan, dan zat besi. Selain itu, pakis juga merupakan sumber antioksidan yang baik, seperti karotenoid dan polifenol, yang berperan penting dalam melawan radikal bebas dan mengurangi risiko penyakit kronis. Manfaat lain dari mengkonsumsi pakis adalah kandungan seratnya yang tinggi, yang mendukung kesehatan pencernaan dan membantu menjaga kadar gula darah tetap stabil. Sebagaimana yang diungkapkan oleh sebuah studi yang dipublikasikan dalam Journal of Food Science and Technology (2021), "Pakis, khususnya spesies *Matteuccia struthiopteris*, menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan dan berpotensi digunakan sebagai sumber pangan fungsional." Hal ini mengukuhkan posisi pakis sebagai sayuran yang tidak hanya lezat, tetapi juga sangat bermanfaat bagi kesehatan.



Gambar 2.7 Tanaman Pakis
(Sumber: Ichwanul Fazmi, 2025)



Gambar 2.8 Ikan Teri
(Sumber: Bambang Niko Pasla, 2024)

Perkembangan ilmu teknologi pangan saat ini mendorong adanya penelitian tentang inovasi produk tiruan nori berbahan daun pakis dan campuran ikan teri yang dilakukan dengan berbagai perlakuan. Proses pembuatan meliputi proses penghalusan dan pencampuran bahan yang terdiri dari pakis, teri, dan pati jagung kemudian dikeringkan di suhu 70°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik adalah nori dengan proporsi daun pakis:ikan teri (95:5) dan konsentrasi gliserol 5% menghasilkan nori yang mengandung protein 18,72%.

Penambahan teri dimaksudkan untuk melengkapi kandungan gizi pada nori. Ikan teri merupakan sumber protein yang sangat baik dan mudah didapat. Meskipun ukurannya kecil, ikan ini memiliki kadar protein yang tinggi, menjadikannya pilihan ideal untuk menambah asupan nutrisi harian. Kandungan protein dalam ikan teri tidak hanya penting untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh, tetapi juga berperan dalam produksi enzim dan hormon. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Kamundung et al. (2023) mengungkapkan bahwa kandungan mutu ikan asin kering teri (*Stolephorus* Sp.) dengan nilai kadar air berkisar 21,76-45,38%. kadar abu dengan nilai 2,82%-18,11%, kadar protein dengan nilai 2,83%-3,80%, kadar lemak dengan nilai 0,70%-4,21%. Selain protein, ikan teri juga kaya akan kalsium, fosfor, dan omega-3, yang mendukung kesehatan tulang dan jantung.

C. Selada Air (Nasturtiun officinalle W.T.Aiton)

Selada air (*Nasturtium officinale* W.T.Aiton) adalah salah satu sayuran akuatik dari famili Brassicaceae yang telah lama dikenal dan dimanfaatkan di berbagai belahan dunia (L. E. Hibbert et al., 2023). Genus Nasurtium mencakup empat belas

spesies sayuran berdaun yang tersebar di seluruh dunia (Karkon Zonuzi et al., 2025). Tanaman ini memiliki sejarah panjang sebagai makanan dan obat herbal, serta kini semakin populer sebagai sayuran fungsional karena profil nutrisinya yang luar biasa. Tumbuhan selada air berasal dari Eropa, Afrika Utara, dan Asia. Selada air telah disebarkan ke beragam kawasan seperti Amerika Utara, Amerika Selatan, dan Australia (Hassandokht et al., 2021). Selada air berkembang di anak sungai, parit, tepian kolam, dan di tanah basah serta lingkungan alami yang mempunyai pergerakan air yang halus dan aliran yang tidak deras. Selada air bisa dikembangkan di danau, kolam, dan perairan yang bergerak pelan. Pembudidayaan komersial perdana selada air (*Nasturtium officinale* W.T.Aiton) dicatat di Inggris Selatan pada tahun 1808. Saat ini, bahan baku utama selada air didapatkan dari budidaya karena di Eropa tumbuhan ini terancam ketersediaannya. Persatuan Internasional untuk Konservasi Alam (IUCN) telah mengklasifikasikan selada air di Eropa sebagai tumbuhan yang paling sedikit dikhawatirkan. Walaupun demikian, selada air diklasifikasikan secara lain di Eropa, misalnya selada air mungkin lenyap di Estonia, terancam ketersediaannya di Austria dan Swedia, dan sebagian terancam ketersediaannya di Polandia (Karkon Zonuzi et al., 2025).

Secara morfologi, selada air merupakan tanaman herba perennial yang tumbuh semi-akuatik, seringkali mengapung di permukaan air atau menancap di substrat berlumpur atau berbatu (L. Hibbert & Taylor, 2022). Batangnya berongga, lunak, dan dapat menjalar panjang, dengan akar adventif yang tumbuh dari buku-bukunya. Daunnya majemuk menyirip gasal (*imparipinnate*), terdiri dari 3-9 pasang anak daun berbentuk bulat telur hingga elips dengan tepi berombak atau bergerigi halus, dan satu anak daun terminal yang lebih besar. Bunga selada air kecil, berwarna putih, tersusun dalam malai di ujung batang, khas famili Brassicaceae dengan empat kelopak dan empat mahkota. Buahnya berbentuk silikua kecil yang berisi biji-biji kecil (L. Hibbert & Taylor, 2022).



Gambar 2.9 Morfologi Selada Air
(Sumber: Bayu Adi Irsanto, 2024)

Klasifikasi tanaman selada air adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Dilleniidae
Ordo : Capparales
Famili : Brassicaceae
Genus : *Nasturtium*
Species : *Nasturtium officinale* W.T.Aiton

Persebaran dan Adaptasi selada air bersifat kosmopolitan, ditemukan di berbagai daerah beriklim sedang hingga tropis di seluruh dunia, meskipun diyakini berasal dari Eropa dan Asia Barat (Bergey, 2024). Tanaman ini sangat adaptif terhadap lingkungan perairan yang mengalir lambat atau tergenang, seperti mata air, sungai kecil, parit, dan kolam. Pertumbuhannya optimal di air bersih yang kaya nutrisi dengan suhu relatif dingin (Schuchardt et al., 2019). Kemampuannya untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, termasuk toleransi terhadap fluktuasi level air dan ketersediaan nutrisi, menjadikannya spesies yang tangguh.

Kandungan gizi selada air sangat mengesankan, menjadikannya salah satu sayuran berdaun hijau paling padat nutrisi. Selada air kaya akan vitamin, mineral, dan senyawa fitokimia. Secara spesifik, selada air merupakan sumber yang sangat baik dari vitamin K, vitamin C, vitamin A (sebagai beta-karoten), dan folat. Selain itu, selada air juga mengandung sejumlah besar kalsium, mangan, potasium, dan antioksidan fenolik. Senyawa bioaktif utama yang menarik perhatian adalah glukosinolat, yang ketika dihidrolisis menghasilkan *isothiocyanates* (ITC). ITC ini telah banyak diteliti karena sifat antikanker, anti-inflamasi, dan efek detoksifikasi (Najib & Jannah, 2020).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Ekstrak Selada Air *(Nasturtium officinale* W.T.Aiton*)*

Jenis Kandungan Kimia	Jumlah /100g
Kadar air	98%-99,53%
Bahan kering	0,5%-1,61%
Serat kasar	12,06% -15,42%
Protein kasar	33,51%-47,91
Abu	13,67%-23,64%
Karbohidat	9,26%-25,44%
Protein	2,4 g
Lemak	0,8 g
Serat	1,2 g
β-karoten	2016 mcg
Vitamin A	336 mcg
Vitamin B1	0,13 mg
Vitamin B6	0,18 mg
Vitamin C	50 mg
Vitamin E	1,17 mg
Vitamin K	200 mcg
Folat	36 mcg
Kalsium	136 mg
Yodium	12 mcg
Besi	1,8 mg
Magnesium	12 mg
Mangan	0,5 mg
Fosfor	42 mg
Kalium	184 mg
Seng	0,6 mg
Selenium	1,6 mcg
Natrium	68,8 mg
Tembaga	0,58 mg

Penelitian terbaru terus mengungkap potensi selada air yaitu efek antidiabetes dari ekstrak selada air, menunjukkan potensinya dalam manajemen glukosa darah. Ekstrak selada air dinilai mampu dan efektif dalam meningkatkan pengendalian glikemik melalui stimulai sel beta pada sel langerhans yang berada dalam pankreas berfungsi untuk memproduksi insulin dan mengaktivasi jalur sensitif inslulin seperti GLUT4 dan AMPK, sambil menghambat aktivitas α-amilase (Maluwa et al., 2025). Selain itu, pemberian ekstrak selada air melalui makanan menunjukkan potensi signifikan dalam memperbaiki komplikasi metabolik yang terkait dengan hiperkolesterolemia dan hiperglikemia (Panahi Kokhdan et al., 2021). Sifat antioksidan dan antikanker yang ada pada selada air disebabkan karena ada kandungan glukosinolat, isotiosianat, flavonoid, vitamin dan mineral. menguatkan perannya sebagai agen kemopreventif. Selain itu, selada air (*Nasturtium officinale* W.T.Aiton) memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi karena kemampuannya mengakumulasi logam berat seperti nikel, dengan konsentrasi tertinggi di akar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan makro- dan mikroelemen oleh tanaman juga memengaruhi profil metabolit sekunder, termasuk kandungan glukosinolat, asam fenolik, dan kapasitas antioksidan dalam jaringan tanaman (Lelesz et al., 2024). Studi lain membahas pemanfaatan selada air dalam sistem akuaponik, menunjukkan efisiensi dalam produksi pangan dan penyerapan nutrien dari air limbah budidaya ikan. Teknologi modern, seperti sistem akuaponik intensif, telah diintegrasikan ke dalam budidaya selada air. Sistem ini menawarkan keuntungan keberlanjutan ekologis dengan menghilangkan pembuangan limbah ke lingkungan, serta penggunaan air yang efisien dan ketersediaan nutrisi dalam skala besar (Buitrago-Villanueva et al., 2025). Penelitian farmakologis yang ekstensif memvalidasi khasiat terapeutik selada air, menunjukkan sifat antioksidan, antibakteri, antikanker, antipsoriasis, antiinflamasi, kardioprotektif, renoprotektif, hepatoprotektif, dan antigenotoksik yang menonjol. Selain itu, ekstrak tumbuhan ini telah terbukti secara signifikan meningkatkan mekanisme pertahanan antioksidan endogen, khususnya meningkatkan aktivitas antioksidan enzimatik utama seperti superoksida dismutase dan katalase (Kokhdan et al., 2021).

D. Bahan pengikat (*Binding*)

Binding atau pengikatan merupakan fenomena fundamental dalam kimia dan biologi, merujuk pada interaksi spesifik antara dua atau lebih molekul yang membentuk kompleks stabil. Dalam konteks ilmu pangan dan farmasi, binding sangat krusial karena mempengaruhi stabilitas, bioavailabilitas, efikasi, dan keamanan suatu produk. Interaksi ini dapat bersifat kovalen maupun non-kovalen, seperti ikatan hidrogen, gaya van der Waals, atau interaksi hidrofobik, yang menentukan kekuatan dan reversibilitas pengikatan (Huynh et al., 2026).

Secara mekanistik, pembentukan kompleks polifenol-protein melibatkan interaksi kovalen dan nonkovalen. Secara komparatif, ikatan kovalen memiliki stabilitas dan kekuatan yang lebih tinggi serta lebih ireversibel daripada ikatan nonkovalen, dengan kedua jenis interaksi tersebut secara signifikan memengaruhi konformasi struktural dan fungsionalitas protein dan polifenol. Oleh karena itu, kompleks yang terbentuk melalui ikatan kovalen dianggap lebih cocok untuk pengolahan makanan. Lebih lanjut, modifikasi kovalen telah terbukti lebih efektif daripada interaksi nonkovalen dalam mengoptimalkan aktivitas antioksidan polifenol (Zhang et al., 2024).

Tujuan binding dalam bidang makanan mencakup beberapa aspek penting. Pertama, untuk meningkatkan stabilitas dan kualitas produk melalui pengikatan komponen fungsional dengan matriks makanan, yang dapat melindungi senyawa sensitif (misalnya, antioksidan) dari degradasi (Xue et al., 2024). Kedua, binding berperan dalam pengembangan produk fungsional dengan mengontrol pelepasan nutrisi atau senyawa bioaktif di saluran pencernaan, meningkatkan bioavailabilitasnya (Li et al., 2026).

Misalnya, pengikatan antara protein dan polifenol dapat mempengaruhi rasa, tekstur, dan penyerapan nutrisi dalam makanan. Pemahaman mendalam tentang mekanisme binding sangat esensial untuk inovasi dalam kedua sektor ini. Integrasi senyawa bioaktif, khususnya polifenol, ke dalam matriks pangan kerap memunculkan tantangan fundamental, di mana mekanisme fisikokimia yang bertujuan untuk menstabilkan molekul tersebut dapat berdampak langsung terhadap perubahan karakteristik sensorik produk. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai interaksi trifold antara makromolekul matriks pangan (seperti protein dan

polisakarida), senyawa bioaktif (polifenol), serta komponen volatil pembentuk flavor menjadi krusial dalam perancangan pangan fungsional yang memiliki stabilitas fisik, profil palatabilitas yang optimal, serta bioaktivitas fungsional yang tinggi (Ferreira et al., 2026).

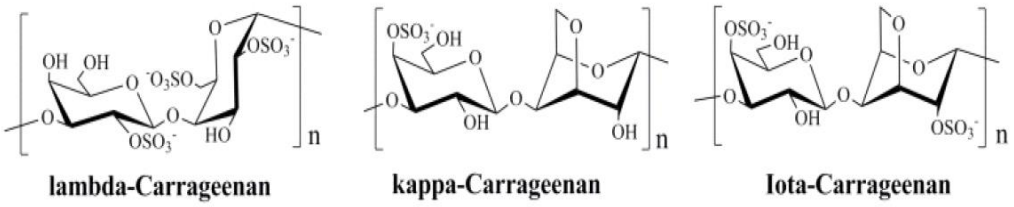
Binding dalam konteks makanan merujuk pada berbagai jenis interaksi molekuler yang mempengaruhi struktur, tekstur, stabilitas, digestibilitas dan sifat organoleptik suatu produk pangan. Interaksi ini dapat terjadi antara makromolekul seperti protein, polisakarida, lipid, dan molekul yang lebih kecil seperti air, mineral, atau senyawa bioaktif (Shahidi & Athiyappan, 2025). Oleh karena itu, memahami jenis binding ini krusial untuk formulasi produk baru dan peningkatan kualitas pangan.

a. Kappa Karagenan

Kappa karagenan adalah salah satu jenis polisakarida hidrokoloid asal rumput laut yang masih terbatas dalam hal eksplorasi ilmiah dibandingkan dengan alginat dan agar. Karagenan yang banyak digunakan dalam industri pangan dan non-pangan karena kemampuannya membentuk gel. Di Indonesia, kebutuhan karagenan untuk aplikasi di sektor farmasi sebagian besar masih bergantung pada komoditas impor (Kurniawan et al., 2024). Polisakarida ini diekstrak dari alga merah (*Rhodophyceae*), terutama spesies dari genus *Kappaphycus* (seperti *Kappaphycus alvarezii*) dan *Eucheuma* (seperti *Eucheuma denticulatum*) (Rupert et al., 2022). Nama "karagenan" sendiri berasal dari Carrick, sebuah kota di Irlandia, tempat alga merah telah lama digunakan secara tradisional sebagai aditif makanan. Keberadaan gugus sulfat yang khas pada tulang punggung polisakarida ini sangat mempengaruhi sifat fungsionalnya, terutama kemampuannya berinteraksi dengan ion logam dan protein, serta membentuk struktur gel yang stabil.

Selain dalam bidang pangan, karagenan juga dipakai luas dalam bidang farmasi, kosmetik, film, bioplastik, dan sistem penghantaran karena memiliki sifat pengentalpenstabil, pembentuk gel dan pembentuk film (Kurniawan et al., 2024). Karagenan secara alami terdapat di dinding sel berbagai spesies alga merah. Secara

kimia, karagenan dibagi menjadi tiga jenis utama berdasarkan jumlah dan posisi gugus sulfat serta pola ikatan galaktosanya:



Gambar 2.10 Jenis karagenan berdasarkan jumlah dan posisi gugus sulfat
(Sumber: Majalah Farmasetika, 2019)

Kappa karagenan dicirikan oleh satu gugus sulfat per disakarida dan kehadiran unit 3,6-anhydro-D-galaktosa, yang memungkinkan pembentukan struktur heliks ganda saat dingin dan adanya ion kalium (K^+) (Mendes et al., 2024). Alga merah yang menjadi sumber utama kappa karagenan, seperti *Kappaphycus alvarezii*, banyak dibudidayakan di perairan tropis dan subtropis, termasuk di Indonesia dan Filipina, menjadikannya komoditas penting dalam industri rumput laut global (Chin et al., 2019). Proses ekstraksi melibatkan pembersihan alga, pencucian, ekstraksi panas dalam larutan alkali, filtrasi, presipitasi (dengan alkohol atau kalium klorida), dan pengeringan (Kurniawan et al., 2024).

b. Keunggulan Kappa Karagenan

Keunggulan utama kappa karagenan terletak pada kemampuannya untuk membentuk gel yang kuat dan stabil bahkan pada konsentrasi rendah, terutama dengan adanya ion kalium. Gel yang dihasilkan bersifat *brittle* (rapuh), kurang elastis dibandingkan gel iota karagenan, dan mengalami sineresis (pelepasan air dari gel) seiring waktu. Sifat-sifat ini menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi tertentu dalam industri pangan (Monteiro et al., 2025). Berikut adalah beberapa keunggulan spesifik kappa karagenan:

1) Kemampuan Pembentuk Gel yang Efisien: Kappa karagenan adalah agen pembentuk gel yang sangat kuat. Ia membentuk gel termoreversibel, yang berarti gel akan meleleh saat dipanaskan dan kembali terbentuk saat didinginkan (Wardhana et al., 2022).

2) Interaksi dengan Protein Susu: Kappa karagenan memiliki kemampuan unik untuk berinteraksi dengan kasein dalam produk susu, mencegah pemisahan fase dan menstabilkan produk seperti susu cokelat, es krim, dan puding. Interaksi ini membentuk jaringan gel sekunder yang sangat efektif dalam menstabilkan suspensi protein (Bartlová et al., 2021).
3) Penggunaan Luas dalam Industri Pangan: Berkat sifat gelnya, kappa karagenan digunakan secara ekstensif sebagai pengental, penstabil, dan pembentuk gel dalam berbagai produk pangan, seperti produk olahan daging (misalnya sosis), produk susu, makanan penutup (jelly, puding), dan produk roti (Bartlová et al., 2021).
4) Sumber Alami dan Halal/*Kosher*: Sebagai ekstrak dari alga laut, kappa karagenan dianggap sebagai bahan alami dan umumnya memenuhi persyaratan halal dan kosher, menjadikannya pilihan aditif yang disukai untuk pasar global (Mohapatra et al., 2022)
5) Potensi Aplikasi Non-Pangan: Di luar industri pangan, kappa karagenan juga dieksplorasi untuk aplikasi dalam bioteknologi, farmasi (sebagai agen pengikat tablet atau enkapsulasi), dan kosmetik karena sifat biokompatibel dan kemampuannya membentuk film (Álvarez-Viñas et al., 2024).

E. Gliserol

Sebagai senyawa poliol dengan rantai tiga karbon yang terikat pada tiga gugus hidroksil aktif, gliserol memiliki karakteristik fungsional yang sangat bergantung pada keberadaan gugus hidroksil tersebut (Madiraju et al., 2026). Afinitas tinggi gugus hidroksil terhadap molekul air memungkinkan ikatan hidrogen yang intensif, sehingga mengurangi aktivitas air (A_w) dan membatasi mobilitas molekul air dalam sistem pangan (Nurhayati et al., 2019). Mekanisme ini memainkan peran penting dalam memperlambat laju degradasi kimia, enzimatik, dan mikrobiologis, yang pada gilirannya dapat memperpanjang umur simpan dan meningkatkan stabilitas keseluruhan produk pangan.

Gliserol, yang juga dikenal sebagai gliserin, adalah senyawa alkohol gula sederhana yang tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki rasa manis. Bahan dasar utamanya berasal dari minyak dan lemak nabati atau hewani, menjadikannya produk sampingan dalam proses pembuatan sabun dan biodiesel (Nda-Umar et al.,

2020). Gliserol sering ditambahkan ke dalam makanan karena fungsinya yang beragam, terutama sebagai *humektan* (agen pelembap), pengemulsi, dan pemanis. Sebagai humektan, gliserol membantu menjaga kelembaban produk makanan, seperti kue dan permen, sehingga mencegahnya menjadi kering dan keras. Fungsinya ini sangat penting untuk memperpanjang umur simpan produk (Singh et al., 2024). Gliserol berperan penting dalam formulasi produk pangan, terutama sebagai humektan untuk mengendalikan kadar air dan memperlambat kristalisasi gula, yang berkontribusi pada tekstur dan umur simpan yang lebih baik (Nurhayati et al., 2019). Oleh karena itu, gliserol memiliki peranan vital sebagai *emulsifier*, *edible film, dan coating* dalam industri pangan untuk meningkatkan kualitas, stabilitas produk dan memperpanjang masa simpan produk (Kathiresan & Lasekan, 2019).

F. Proses Pembuatan Nori

Proses pembuatan nori modern telah berkembang dari metode tradisional menjadi lebih terstandarisasi dan efisien. Rincian prosesnya dimulai dari panen rumput laut (*Porphyra* sp. atau *Pyropia* sp.) yang dibudidayakan di perairan. Setelah dipanen, rumput laut dibersihkan secara menyeluruh untuk menghilangkan kotoran dan organisme lain yang menempel. Tahap selanjutnya adalah *pulping* (penghancuran), di mana rumput laut dicacah menjadi bubur halus yang seragam (Panjaitan et al., 2021). Bubur ini kemudian dicetak menjadi lembaran tipis menggunakan mesin khusus yang menyerupai proses pembuatan kertas. Lembaran-lembaran basah ini kemudian dikeringkan dengan suhu terkontrol, baik menggunakan oven atau mesin pengering, untuk mengurangi kadar air dan menciptakan tekstur renyah yang khas. Tahap akhir adalah *roasting* (pemanggangan), di mana lembaran nori dipanaskan untuk meningkatkan aroma dan kerenyahannya. Selama proses ini, berbagai bumbu, seperti kecap atau garam, dapat ditambahkan untuk menghasilkan varian rasa (Sinurat et al., 2023). Metode produksi nori modern mencakup proses sanitasi, pencetakan otomatis, dan pengeringan terstandarisasi karena ini adalah bagian terpenting dalam proses pembuatan nori, yang memastikan kualitas dan keamanan produk akhir secara konsisten (Utomo & Sinurat, 2022). Proses ini memungkinkan produksi nori dalam

skala besar dengan kualitas yang terkontrol, menjadikannya bahan makanan global yang populer.

G. Organoleptik

Uji organoleptik, sering juga disebut sebagai evaluasi sensori, adalah disiplin ilmiah yang digunakan untuk mengukur, menganalisis, dan menginterpretasi reaksi manusia terhadap karakteristik produk yang dapat dirasakan melalui panca indera: penglihatan, penciuman, perasa, sentuhan, dan pendengaran (Ismanto, 2023). Dalam industri makanan, uji organoleptik menjadi alat krusial untuk pengembangan produk baru, kontrol kualitas, optimasi proses, dan memahami preferensi konsumen. Hal ini karena keputusan konsumen untuk membeli dan menikmati suatu makanan sangat dipengaruhi oleh persepsi sensorinya (Kardas et al., 2024). Berbeda dengan analisis kimia atau fisik yang mengukur atribut objektif, uji organoleptik memberikan perspektif subjektif dan holistik tentang bagaimana manusia menilai suatu produk.

a. Sifat Organoleptik

Sifat organoleptik adalah atribut yang dipersepsikan oleh indera manusia dan memiliki dampak signifikan terhadap penerimaan suatu produk makanan. Empat sifat utama yang sering dievaluasi adalah rasa, aroma, tekstur, dan warna (Lohinova et al., 2025).

1) Rasa

Rasa adalah sensasi yang diterima oleh tunas pengecap di lidah, meliputi lima rasa dasar yaitu manis, asam, asin, pahit, dan *umami* (gurih). Namun, persepsi rasa jauh lebih kompleks, seringkali dipengaruhi oleh aroma (bau), tekstur, dan suhu makanan (Imam & Nagpal, 2023). Rasa manis umumnya terkait dengan gula dan alkohol gula, rasa asam dengan keberadaan asam organik, rasa asin dengan ion garam seperti natrium klorida, rasa pahit dengan senyawa alkaloid atau polifenol, dan *umami* dengan asam amino bebas seperti glutamat. Keseimbangan antara rasa-rasa ini sangat penting untuk menciptakan profil rasa yang harmonis dan disukai. Penelitian terbaru menunjukkan bagaimana interaksi antar-rasa dapat memodulasi persepsi keseluruhan, misalnya bagaimana rasa manis dapat menutupi rasa pahit karena pada produk nabati rasa pahit yang timbul setelah memakan makanan akan

menjadi penghalang penerimaan suatu produk (Chigwedere et al., 2022). Selain itu, faktor genetik dan budaya juga turut mempengaruhi preferensi rasa individu.

2) Aroma

Aroma (atau bau) adalah salah satu atribut organoleptik paling berpengaruh, dipersepsikan oleh reseptor olfaktori di hidung. Senyawa volatil yang dilepaskan dari makanan masuk ke rongga hidung melalui jalur ortonasal (dari luar) atau retronasal (dari dalam mulut saat mengunyah dan menelan) (Rodrigues et al., 2024). Aroma berkontribusi besar terhadap flavor (rasa-aroma), sebuah kombinasi kompleks dari sensasi rasa dan bau. Identifikasi dan kuantifikasi senyawa volatil yang bertanggung jawab atas aroma spesifik produk menjadi fokus utama dalam riset pangan. Teknologi seperti *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) *coupled with olfactometry* (GC-O) sering digunakan untuk mengidentifikasi "*key odorants*" yang dominan (Dowling & Aliani, 2024). Perubahan aroma dapat terjadi akibat proses pengolahan, penyimpanan, atau degradasi, yang seringkali menjadi indikator kualitas dan kesegaran produk.

3) Tekstur

Tekstur adalah sifat fisik makanan yang kompleks dipersepsikan oleh indera peraba (mulut dan tangan) dan pendengaran (misalnya, renyah atau garing). Ini meliputi atribut seperti kekerasan, kekenyalan, kelengketan, kerenyahan, kelembutan, dan juiciness (Cosme et al., 2025). Tekstur sangat penting untuk pengalaman makan secara keseluruhan. Misalnya, roti yang lembut, keripik yang renyah, atau daging yang empuk. Metode pengukuran tekstur dapat berupa objektif (menggunakan alat seperti teksturometer) maupun subjektif (melalui panelis). Konsistensi tekstur adalah kunci dalam kontrol kualitas. Faktor seperti kadar air, komposisi makromolekul (protein, karbohidrat), dan metode pengolahan sangat mempengaruhi tekstur akhir suatu produk. Inovasi dalam pangan fungsional sering kali berfokus pada modifikasi tekstur untuk meningkatkan penerimaan konsumen (Tura et al., 2024).

4) Warna

Warna adalah atribut visual pertama yang dipersepsikan oleh konsumen dan seringkali menjadi indikator awal kualitas, kesegaran, atau kematangan suatu produk. Persepsi warna sangat mempengaruhi ekspektasi konsumen terhadap rasa

dan kualitas (Lohinova et al., 2025). Misalnya, buah yang matang seringkali memiliki warna yang cerah dan menarik. Perubahan warna dapat terjadi karena reaksi enzimatik (pencoklatan), oksidasi, atau degradasi pigmen alami selama pengolahan dan penyimpanan. Pigmen alami seperti antosianin (merah, ungu), karotenoid (kuning, oranye), dan klorofil (hijau) adalah penentu utama warna makanan. Kontrol warna sangat penting dalam industri untuk memastikan konsistensi produk dan menarik minat pembeli. Penggunaan alat kolorimeter dan panelis terlatih sangat umum dalam evaluasi warna (Kardas et al., 2024).

b. Uji Hedonik

Uji hedonik merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan dalam analisis sensorik untuk mengukur tingkat kesukaan atau preferensi konsumen terhadap suatu produk (Thomas et al., 2025). Metode ini bersifat subjektif karena melibatkan panelis dalam mengevaluasi produk berdasarkan tanggapan pribadi mereka terhadap atribut-atribut seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan (Fiorentini et al., 2020). Panelis diminta untuk memberikan skor pada skala yang telah ditentukan untuk menunjukkan seberapa besar mereka menyukai atau tidak menyukai produk tersebut. Hasil dari uji hedonik sangat penting bagi produsen untuk memahami penerimaan pasar terhadap produk baru atau untuk melakukan perbaikan pada produk yang sudah ada (Adiluhung & Sutrisno, 2018).

Uji ini umumnya menggunakan skala hedonik, salah satunya adalah skala hedonik 9 atau 5 poin. Pada skala ini terdiri dari lima tingkatan, di mana setiap tingkatan mewakili tingkat kesukaan yang berbeda, biasanya dari "sangat tidak suka" hingga "sangat suka"(Fiorentini et al., 2020). Skala hedonik 5 poin dapat mengukur preferensi konsumen terhadap produk pangan. Skor pada skala ini umumnya diberi nilai numerik yaitu 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (netral), 4 (suka), dan 5 (sangat suka). Penggunaan skala ini memungkinkan pengolahan data menjadi statistik yang lebih mudah dianalisis, seperti nilai rata-rata dan standar deviasi, untuk membandingkan tingkat kesukaan antar sampel produk. Pada uji hedonik ini dibutuhkan panelis terlatih atau semi terlatih sebanyak 20-30 untuk memberikan penilaian terhadap atribut uji (Zuhdi & Khairi, 2022).

Sebuah studi oleh Nuraini et al. (2021) tentang evaluasi sensori kopi celup menyatakan, "Uji kesukaan digunakan untuk mengetahui penerimaan panelis terhadap produk kopi celup yang dibuat, dengan hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tingkat kesukaan terhadap rasa dan aroma." Pernyataan ini menunjukkan bahwa uji hedonik sangat relevan untuk memvalidasi apakah modifikasi produk telah menghasilkan dampak positif pada persepsi konsumen.

H. Camilan Sehat

Konsumsi produk pangan di antara waktu makan utama kini tidak lagi sekadar berfungsi meredam rasa lapar sementara, melainkan bertransformasi menjadi sarana strategis penyedia zat gizi esensial. Dalam literatur pangan fungsional, kategori camilan sehat disematkan pada produk yang mampu mempertahankan integritas biokimiawi melalui pemanfaatan matriks bahan alami tanpa melalui tahapan *ultra-processing* yang destruktif. Ukuran kelayakannya jelas. Melalui pendekatan *Nutrient-Rich Foods Index*, sebuah produk dihitung rasionya: komponen positif seperti serat, protein nabati, vitamin, mineral, dan antioksidan harus mendominasi, sementara elemen restriktif macam natrium, gula rafinasi, serta lemak jenuh ditekan seminimal mungkin. Pendekatan formulasi ini secara langsung menjaga fungsionalitas fisiologis tubuh sekaligus menjauhkan konsumsi harian dari jebakan kalori kosong.

Jangkar formulasi antara camilan konvensional dan varian sehat terletak pada kontras komposisi kimiawinya. Pangan komersial umumnya bertumpu pada kalori kosong dari tepung rafinasi, minyak hidrogenasi, serta pemanis artifisial yang semata-mata mendongkrak palatabilitas tanpa menyumbang mikronutrien berarti. Sebaliknya, matriks pangan kaya serat dan senyawa bioaktif menjadi fondasi utama camilan sehat. Disparitas ini langsung bermanifestasi pada respons glikemik pascaprandial. Lonjakan tajam glukosa darah dan insulin lazimnya dipicu oleh produk konvensional, sedangkan kehadiran serat larut maupun tidak larut dalam camilan sehat secara efektif memperlambat laju *gastric emptying*, sehingga kurva glikemik tubuh tetap terjaga kestabilannya (Giuntini et al., 2022).

Keunggulan substantif produk pangan fungsional ini melampaui sekadar aspek nutrisi mikro, menjangkau ranah modulasi metabolik dan proteksi preventif terhadap patologi degeneratif. Ketika matriks camilan diperkaya oleh serat dan

protein nabati, respons fisiologis tubuh merespons melalui perpanjangan durasi rasa kenyang dan dapat mengontrol pelepasan gula (Dimopoulou et al., 2023). Mekanisme ini digerakkan oleh stimulasi hormon anoreksigenik seperti *peptide YY* (PYY) dan *glucagon-like peptide-1* (GLP-1), yang secara kolektif mengoptimalkan manajemen berat badan (Giuntini et al., 2022). Pasokan antioksidan serta fitokimia di dalamnya bekerja meredam stres oksidatif. Intervensi biokimiawi ini efektif menekan jalur inflamasi sistemik kronis menjadikannya sebuah garis pertahanan esensial dalam memitigasi risiko sindrom metabolik, dislipidemia, hingga gangguan kardiovaskular (Arshad et al., 2025).

Gelombang preferensi konsumen global kini bergerak dinamis. Pasar menuntut ketersediaan camilan fungsional yang berkelanjutan serta transparan secara label. Pergeseran ini mengubah arah pengembangan produk secara drastis. Reduksi gula dan lemak bukan lagi satu-satunya fokus industri. Lebih dari itu, inovasi meluas pada integrasi bahan nabati alternatif, fortifikasi mikronutrien, hingga optimalisasi komoditas lokal demi mendukung ketahanan pangan. Transformasi semacam ini menandai pergeseran peran camilan instan. Dari yang mulanya sekadar pengganjal lapar, kini ia berevolusi menjadi instrumen preventif yang menjembatani gaya hidup urban modern dengan standar pemenuhan gizi yang utuh.

I. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Tiara Amanda Lestari, Wilna Iznilillah, Neng Siti Khadijah, Raden Siti Nurlaela, Erna Puspasari	2024	Karakteristik Kimia Nori Analog Berbasis Genjer (*Limnocharis flava*) dan Albedo Semangka	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi nori analog yang terbuat dari genjer dan albedo semangka yang memiliki sifat kimia mendekati	Penelitian ini menggunakan RAL Satu Faktor yaitu formulasi nori dengan 7 taraf perlakuan dan dua kali ulangan. Formulasi nori diperoleh menggunakan Desain Expert	Formulasi nori analog terpilih pada program Desain Expert 13 adalah nori yang terbuat dari 70% albedo semangka:30% genjer:0,9% karagenan:1,5% penyedap rasa:0,2% asam sitrat. Nori

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
			(*Citrullus lanatus*)	nori komersial dan untuk menetukan produk terpilihnya.	13 metode Mixture D-Optimal dengan batas minimum dan maksimum faktor diberikan pada konsentrasi albedo semangka (50%-80%) dan genjer (20%-50%).	analog ini mengandung kadar air 5,2%, kadar abu 5,6%, dan kadar serat kasar 22,9%
2.	Jeny Safitri, Elhamida Rezkia Amien, Siti Suharyatun, Warji	2024	Rekayasa Nori Berbahan Baku Pakcoy (*Brassica rapa* L.)	Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan nori berbahan dasar pakcoy dengan berbagai bahan pengikat untuk mendekati produk nori komersial.	Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 taraf perlakuan, yaitu kombinasi 3 jenis bahan pengikat (CMC, tapioka, dan maizena) pada 3 taraf konsentrasi (3%, 5%, dan 7%).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 3% CMC menghasilkan nori pakcoy dengan warna, aroma, rasa, dan kerenyahan yang paling disukai oleh panelis. Penggunaan CMC, tapioka, dan maizena sebagai bahan pengikat dapat menghasilkan nori pakcoy dengan karakteristik yang mirip dengan nori komersial.

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
3.	Ujik Uzlatus Sikha, Rosida Rosida, Luqman Agung Wicaksono	2021	Karakteristik Nori Analog dari Sayur Pakis dan Ikan Teri dan Penambahan Gliserol	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kombinasi perlakuan terbaik dari proporsi sayur pakis:ikan teri dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik nori analog.	Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2 faktor yaitu proporsi sayur pakis:ikan teri (91,5:8,5;95:5;98,5:1,5) dan konsentrasi gliserol (5%; 7,5%; 10%) dengan 2 kali ulangan.	Hasil penelitian menunjukkan perlakuan terbaik adalah proporsi sayur pakis:ikan teri (95:5) dan konsentrasi gliserol 5% yang menghasilkan nori analog dengan kadar air 8,12%, kadar abu 7,20%, kadar protein 18,72%, kadar serat kasar 3,03%, kadar lemak 0,29%, aktivitas antioksidan 14,84%, kuat tarik 0,88 N dan ketebalan 0,285 mm; kadar kalsium sebesar 715,09 mg/kg dan aw 0,435.

J. Kerangka Pemikiran

Nori adalah camilan populer yang digemari oleh berbagai kalangan, dari anak-anak hingga orang dewasa. Camilan ini berasal dari Jepang dan sering digunakan sebagai bahan utama dalam hidangan khas seperti sushi dan onigiri, atau sebagai pelengkap pada ramen (Ervietasari, 2021). Secara tradisional, nori dibuat dari jenis rumput laut *Porphyra*. Di Indonesia, ketersediaan rumput laut jenis *Porphyra* sangat terbatas. Kelangkaan ini memaksa sebagian besar kebutuhan nori dipenuhi melalui impor dari negara-negara penghasil utama seperti Jepang, Korea, dan Tiongkok. Ketergantungan pada impor ini menjadi tantangan bagi industri makanan

lokal. Tantangan ketersediaan bahan baku lokal menjadi salah satu alasan utama ketergantungan Indonesia pada impor untuk memenuhi permintaan pasar domestik yang tinggi (Rozaki, 2021). Ini menunjukkan adanya kesenjangan antara permintaan konsumen dan ketersediaan bahan baku lokal dalam industri pengolahan produk rumput laut. Meskipun demikian, berbagai penelitian terus dilakukan untuk mencari alternatif rumput laut lokal yang memiliki karakteristik serupa dengan *Porphyra* agar produksi nori dapat dilakukan secara mandiri di dalam negeri.

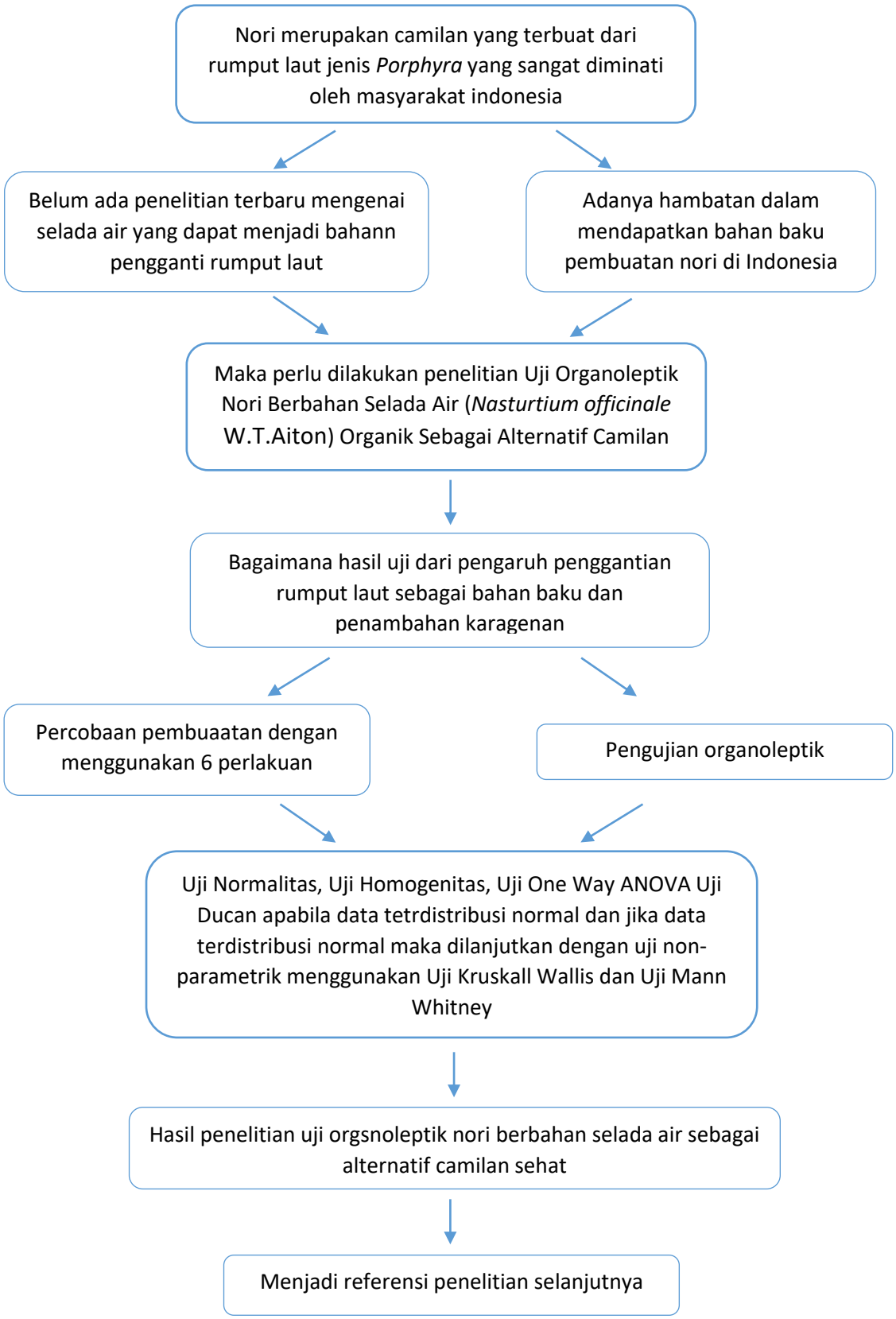
Tingginya permintaan akan camilan sehat di Indonesia mendorong inovasi dalam teknologi pangan, salah satunya adalah pengembangan nori dari bahan dasar sayuran hijau. Inovasi ini menjadi solusi cerdas karena produk yang dihasilkan memiliki warna, tekstur, dan rasa yang menyerupai nori berbahan rumput laut. Selain itu, nori berbahan sayuran menjadi alternatif yang aman bagi konsumen yang alergi terhadap rumput laut, sekaligus membuka peluang pasar baru yang lebih luas. Pengembangan nori berbahan sayuran ini tidak hanya berfokus pada kesehatan dan inovasi produk, tetapi juga berpotensi memberikan dampak positif pada perekonomian lokal. Pemanfaatan bahan baku lokal seperti sayuran untuk produk olahan dapat mendorong perekonomian desa, terutama di daerah dataran tinggi yang kaya akan sayuran. Meskipun studi lain menunjukkan mutu nori sayuran lokal terutama pada kandungan protein dan kandungan air. masih belum bisa menyamai nori komersial (Sinurat et al., 2021). Inovasi ini membuka peluang bagi petani untuk mengolah hasil panen mereka menjadi produk bernilai jual tinggi, mengurangi ketergantungan pada rantai pasok yang panjang, dan menciptakan lapangan kerja. Dengan demikian, nori dari sayuran tidak hanya memenuhi kebutuhan camilan sehat, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan ekonomi masyarakat.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah membuktikan keberhasilan dalam membuat nori berbahan dasar sayuran, menunjukkan bahwa sayuran bisa menjadi alternatif yang layak untuk menggantikan rumput laut. Inovasi ini sangat relevan bagi Indonesia, negara yang kaya akan keanekaragaman hayati dan memiliki ketersediaan sayuran melimpah. Pemanfaatan sumber daya lokal ini tidak hanya mengurangi ketergantungan impor, tetapi juga membuka peluang baru bagi industri

pangan dalam negeri. Umumnya, sayuran yang dipilih untuk inovasi ini adalah sayuran dengan kadar klorofil tinggi, seperti bayam atau kale, agar menghasilkan produk dengan warna hijau yang mirip dengan nori asli. Selain substitusi bahan baku, pengembangan nori dari sayuran juga berfokus pada peningkatan nilai gizi. Untuk meningkatkan kandungan protein dan mineral, seringkali dilakukan fortifikasi dengan bahan lain, seperti ikan teri. Penambahan ini tidak hanya memperkaya nutrisi, tetapi juga memberikan cita rasa *umami* yang khas. Penambahan bahan fortifikasi dapat meningkatkan nilai gizi produk olahan, menjadikannya lebih fungsional dan bermanfaat bagi kesehatan tetapi penerimaannya ditentukan oleh spesies sayuran yang digunakan sebagai bahan baku, pengolahan, dan atribut sensori terutama rasa karena rasa pahit dapat menyebakan suatu produk/makanan sukar untuk diterima (Hoppu et al., 2021). Dengan demikian, inovasi nori berbahan sayuran ini tidak hanya sekadar menciptakan camilan baru, tetapi juga berkontribusi pada diversifikasi pangan dan peningkatan gizi masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai potensi sayuran sebagai pengganti rumput laut dalam produksi nori tiruan. Inovasi ini menunjukkan bahwa sayuran tidak hanya bisa disajikan sebagai hidangan utama atau pendamping, tetapi juga dapat diolah menjadi camilan sehat yang dapat dinikmati oleh berbagai kalangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi industri pangan dan masyarakat dalam mengelola hasil panen sayuran yang melimpah di Indonesia. Lebih dari itu, informasi yang disajikan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian berkelanjutan, mendorong eksplorasi lebih lanjut terhadap pemanfaatan sumber daya alam lokal. pemanfaatan bahan baku lokal dapat mendukung keberlanjutan ekonomi dan mengurangi ketergantungan impor. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pangan, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan nasional dan mendorong pemanfaatan sumber daya alam secara optimal.

K. Diagram Alur pemikiran



L. Asumsi dan Hipotesis

1. Asumsi

Asumsi-asumsi dalam penelitian ini mencakup beberapa hal fundamental untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil. Pertama, penelitian ini berlandaskan pada asumsi bahwa berbagai jenis sayuran berklorofil dapat berfungsi sebagai bahan baku alternatif yang efektif untuk menggantikan rumput laut dalam pembuatan nori tiruan. Kedua, diasumsikan bahwa teknik pengambilan sampel yang digunakan akan menghasilkan data yang tidak bias, serta takaran bahan dan waktu pengeringan akan disesuaikan secara konsisten pada setiap pengulangan untuk menjaga uniformitas produk. Selain itu, diasumsikan bahwa bahan baku yang digunakan, yaitu sayuran segar, dipilih secara manual untuk menjamin kualitas terbaik. Terakhir, keberhasilan nori yang dihasilkan akan ditentukan melalui uji organoleptik yang dilakukan oleh panelis ahli, yang diasumsikan mampu memberikan penilaian objektif terhadap kualitas produk.

2. Hipotesis

H_0 : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil nori yang dibuat dengan variasi pemberian karagenan berdasarkan uji organoleptik (rasa, aroma, tekstur, dan warna).

H_1 : Ada perbedaan yang signifikan anatara hasil nori yang dibuat dengan setiap variasi pemberian karagenan berdasarkan uji organoleptik (rasa, aroma, tekstur, dan warna).