



Pengaruh Urutan Proses Osmotik-Termal dan Teknik Pengeringan terhadap Mutu Sensoris Manisan Herbal Jahe

Cahyaning Rini Utami^{1*}, Roisatul Ainayah², Senja Ike Rismawati³

^{1*}Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan, Pasuruan, Indonesia

^{2,3}Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan, Pasuruan, Indonesia

Email: ^{1*}rini@yudharta.ac.id, ²roisatul.ainayah@yudharta.ac.id, ³rismawati@yudharta.ac.id

Abstract

This study evaluated how the sequence of osmotic–thermal processing and the drying method influence the sensory quality of candied ginger slices. We designed four processing treatments (P1–P4) that differed in the order of sugar contact and heating, as well as the end-step method (drying or sugar crystallization). Twenty panelists rated color, aroma, taste, texture, and overall liking on a 1–5 hedonic scale. We assessed differences among treatments using the Friedman test ($\alpha = 0.05$). We selected the best treatment using a modified De Garmo effectiveness index with weighted sensory parameters. The results showed significant treatment effects across all main sensory attributes. P4 consistently achieved the highest acceptance scores and demonstrated a more favorable profile in derived attributes noted by panelists, including a more uniform appearance, a more pleasant aroma, a better-balanced taste, and a more acceptable bite. Consequently, P4 produced the highest total effectiveness score in the De Garmo selection. These findings indicate that optimizing the osmotic thermal sequence particularly when finalized through controlled crystallization can enhance consumer acceptance and support more consistent product quality for small-scale to semi-commercial production.

Keywords: Candied Ginger, Osmotic–Thermal Processing, Drying, Hedonic Test, De Garmo Indeks.

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh urutan proses osmotik–termal dan teknik pengeringan terhadap mutu sensoris manisan herbal jahe. Empat perlakuan proses (P1–P4) dirancang dengan perbedaan urutan kontak gula dan pemanasan, serta cara akhir proses melalui pengeringan atau kristalisasi. Uji hedonik dilakukan oleh 20 panelis menggunakan skala 1–5 untuk atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan. Data dianalisis dengan uji Friedman ($\alpha=0,05$) untuk menguji perbedaan antarperlakuan, kemudian perlakuan terbaik ditentukan menggunakan indeks efektivitas De Garmo dengan pembobotan parameter sensoris. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan memberikan perbedaan nyata pada seluruh atribut utama. Secara umum, P4 menghasilkan tingkat kesukaan paling tinggi dan profil preferensi yang lebih stabil pada atribut turunan (warna lebih seragam, aroma lebih menyenangkan, rasa lebih seimbang, dan tekstur lebih diterima), sehingga memperoleh skor efektivitas total tertinggi dalam seleksi De Garmo. Temuan ini menegaskan bahwa pengaturan urutan osmotik–termal yang diakhiri kristalisasi berpotensi meningkatkan penerimaan konsumen dan mendukung konsistensi mutu produk pada aplikasi pengolahan skala kecil hingga semi-komersial.

Kata Kunci: Manisan Jahe, Osmotik–Termal, Pengeringan, Uji Hedonik, De Garmo.

1. PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) merupakan rempah tropis yang bernilai ekonomi tinggi dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional karena komponen bioaktif seperti gingerol dan shogaol memberi karakter aroma khas serta

sensasi hangat pedas (Gao et al., 2024; Nurhayati et al., 2025). Namun, pengolahan jahe menjadi manisan herbal sering menghadapi persoalan mutu sensoris yang tidak konsisten, terutama pada atribut rasa pedas yang terlalu kuat, tekstur yang terlalu keras atau terlalu lunak, serta penampakan permukaan yang kurang menarik akibat kristalisasi gula yang tidak merata. Variasi mutu tersebut umumnya muncul karena perbedaan tahapan proses yang dilakukan pelaku usaha rumah tangga, seperti intensitas perebusan untuk menurunkan kepedasan, lamanya kontak jahe dengan gula untuk pembentukan rasa manis dan kekenyalan, serta metode pengeringan yang menentukan kadar air akhir dan stabilitas tekstur (Laelago Erasedo et al., 2023). Dalam konteks produk herbal, tantangannya menjadi lebih kompleks karena konsumen cenderung menuntut keseimbangan antara cita rasa jahe, manis yang moderat, dan sensasi segar tanpa meninggalkan kesan getir. Kajian mengenai pengeringan jahe menunjukkan bahwa perlakuan panas dapat mengubah komposisi volatil dan karakter mutu (Evania et al., 2024), sehingga pemilihan kondisi proses menjadi krusial untuk mempertahankan aroma yang diinginkan. Selain mempengaruhi sifat fisik jaringan, perlakuan termal juga berperan dalam transformasi kimia senyawa bioaktif jahe, terutama konversi gingerol menjadi shogaol melalui reaksi dehidrasi yang dipercepat oleh panas (Darsasso et al., 2022). Perubahan ini tidak hanya menurunkan kepedasan tajam, tetapi juga membentuk profil rasa hangat dan aroma yang lebih stabil, sehingga respons sensoris sangat dipengaruhi oleh posisi perlakuan panas dalam urutan proses, tidak hanya oleh durasi atau suhu pemanasan (Zagórska et al., 2022).

Secara prinsip pengolahan, mutu manisan jahe ditentukan oleh dua perlakuan utama, yaitu osmotik berbasis gula dan termal berbasis panas. Tahap osmotik berperan mendorong perpindahan air keluar dari jaringan jahe sekaligus memasukkan larutan gula ke dalam matriks, sehingga membentuk rasa manis, kekenyalan, dan tampilan mengilap yang diharapkan pada manisan (Gunawan et al., 2024). Tahap termal, seperti perebusan dan pemasakan, berperan melunakkan jaringan, menurunkan komponen penyebab rasa pedas tajam, serta memfasilitasi pembentukan struktur permukaan sebelum pengeringan. Perlakuan osmotik sebelum pengeringan dapat memperpendek waktu pengeringan dan meningkatkan atribut warna serta penerimaan sensoris pada produk kering, meskipun dapat memengaruhi kandungan senyawa fungsional tertentu (Heraningsih et al., 2025). Özkan-Karabacak et al. (2022) melaporkan bahwa pretreatment osmotik mampu memperbaiki atribut sensoris pada irisan buah yang dikeringkan sekaligus menurunkan durasi pengeringan total. Namun, efek osmotik dan termal tidak bersifat aditif sederhana, karena kondisi jaringan pada saat memasuki suatu tahap sangat dipengaruhi oleh perlakuan sebelumnya. Jaringan jahe yang telah mengalami pemanasan awal menunjukkan permeabilitas sel dan sifat difusi yang berbeda terhadap larutan gula dibandingkan jaringan segar, meskipun waktu dan suhu perlakuan berikutnya dibuat sama (Shirsat, 2022).

Di sisi lain, perkembangan penelitian produk manisan dan permen berbasis jahe lebih sering menyoroti variasi jenis pemanis, substitusi gula, atau parameter pengeringan sebagai faktor dominan (Wijayanti & Arsan, 2023). Sakdiyah dan Utami (2025) menunjukkan bahwa substitusi gula pada permen jahe dapat memengaruhi karakter dan penerimaan produk, menegaskan bahwa sistem pemanis terkait erat dengan persepsi rasa dan tekstur pada produk konfeksioneri jahe. Riset lain pada produk berbasis jahe juga menegaskan pengaruh metode pengeringan terhadap mutu dan atribut sensori, termasuk perubahan profil volatil dan karakteristik organoleptik pada bahan kering. Koch et al. (2025) menilai berbagai metode pengeringan rimpang dan mengaitkannya dengan profil volatil serta atribut sensori, sehingga memperkuat argumen bahwa pengeringan bukan sekadar tahap akhir, melainkan penentu mutu yang berinteraksi dengan tahapan

sebelumnya. Meskipun demikian, sebagian besar studi tersebut masih memperlakukan setiap tahap proses sebagai variabel tunggal yang terpisah, sehingga belum sepenuhnya menjelaskan variasi mutu sensoris yang muncul ketika tahapan osmotik dan termal dikombinasikan dengan urutan yang berbeda dalam praktik pengolahan. Urutan proses osmotik termal dapat dipandang sebagai variabel desain yang menentukan karakter akhir manisan jahe. Keempat perlakuan dalam riset ini sama menggunakan gula dan pemanasan, tetapi berbeda pada urutan penambahan gula, lama pendiaman, intensitas perebusan berulang, serta cara akhir proses melalui pemasakan hingga kristal atau pemanasan oven.

Perbedaan urutan tersebut berpotensi mengarahkan jalur perpindahan massa dan reaksi kimia secara berbeda, sehingga pada perlakuan dengan pemanasan awal intensif, degradasi gingerol terjadi lebih dini dan jaringan memasuki tahap osmotik dalam kondisi kepedasan yang telah berkurang. Sebaliknya, pada perlakuan yang diawali osmotik, difusi gula berlangsung pada jaringan yang masih kaya gingerol, sehingga interaksi rasa pedas–manis dan pembentukan aftertaste berkembang secara berbeda pada tahap akhir pengolahan (Yulni et al., 2024). Perubahan ini selanjutnya mempengaruhi persepsi rasa, tekstur, dan tingkat kesukaan panelis. Beberapa studi menunjukkan bahwa pra-perlakuan seperti blanching secara signifikan mengubah hasil mass transfer dan kualitas akhir selama osmotic dehydration dibandingkan tanpa pra-perlakuan, meskipun durasi dan suhu proses berikutnya sama, sehingga urutan penerapan tahapan menjadi variabel penting dalam rancangan proses pangan (Mari et al., 2024).

Dalam penelitian ini, perbedaan perlakuan P1–P4 dirancang untuk merepresentasikan variasi urutan osmotik–termal yang memodifikasi kondisi jaringan jahe sebelum dan sesudah kontak gula, di mana pemanasan awal yang lebih intensif pada P4 dan sebagian pada P2 berpotensi mempercepat degradasi gingerol menjadi shogaol sehingga kepedasan berkurang dan permeabilitas jaringan meningkat, sedangkan P1 dan P3 mempertahankan gingerol lebih lama karena osmotik dilakukan pada jaringan yang relatif belum terdegradasi. Variasi urutan ini menyebabkan perbedaan interaksi manis–pedas, pembentukan aftertaste, dan karakter tekstur akhir karena tiap perlakuan memasuki tahap pengeringan dengan komposisi senyawa pedas dan struktur jaringan yang tidak sama. Sejumlah studi terkini pada produk irisan menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan osmotik dan pengeringan dapat memperbaiki mutu sensori dan memperkaya karakter flavor, sehingga pendekatan serupa relevan untuk manisan jahe yang peka terhadap perubahan aroma dan tekstur. Wang et al. (2024) melaporkan bahwa pemilihan skema osmotik dan metode pengeringan dapat membentuk profil flavor produk buah secara lebih menarik. Di Indonesia, riset pangan berbasis jahe juga mengindikasikan bahwa modifikasi sistem gula dan penguat tekstur dapat mengubah penerimaan organoleptik, seperti pada selai umbi bit dengan ekstrak jahe merah melalui variasi CMC dan gula aren (Solich et al., 2023).

Namun, kajian yang secara khusus membandingkan urutan osmotik–termal yang berbeda dengan teknik pengeringan yang bervariasi pada manisan herbal jahe masih terbatas, sehingga kesenjangan penelitian terletak pada belum jelasnya peran sekuens proses sebagai pengendali utama mutu sensoris. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh urutan proses osmotik termal dan teknik pengeringan terhadap mutu sensoris manisan herbal jahe melalui uji kesukaan (hedonic test) pada atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Penelitian diharapkan menghasilkan rekomendasi urutan proses yang paling efektif untuk menyeimbangkan karakter pedas jahe, tingkat kemanisan, dan kekenyalan yang disukai, sekaligus menetapkan teknik pengeringan yang mampu menjaga mutu sensori secara lebih konsisten. Dengan demikian, luaran penelitian tidak hanya memberi kontribusi

ilmiah pada pemahaman hubungan antar tahap proses pada sistem osmotik dan termal, tetapi juga menyediakan solusi terapan yang mudah diadopsi pada skala rumah tangga maupun usaha kecil, sehingga nilai tambah jahe sebagai bahan herbal dapat meningkat melalui produk manisan yang lebih diterima konsumen.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan manisan herbal jahe terdiri atas: jahe gajah segar 500 g yang diperoleh dari LMDH Kawasan Hutan Sapen Prigen, gula pasir putih (Gulaku) 500 g, air minum 75 ml, kapur sirih 5 g, NaCl 40 g, serta bahan pengemas berupa toples plastik kedap udara (PP).

Alat yang digunakan untuk pembuatan manisan herbal jahe meliputi: timbangan digital (OHAUS), pisau stainless dan talenan, baskom stainless kapasitas 3–5 L, panci perebusan kapasitas 3–5 L, kompor gas, wajan (diameter 24–28 cm), spatula, ayakan ukuran 60 mesh, loyang pengering (30×40 cm), kertas roti, oven pengering 2 rak (MODENNA Bo 2633). Alat untuk uji sensoris meliputi gelas cup sampel 30–50 ml, label kode sampel, alat tulis dan air mineral.

2.2 Desain Penelitian

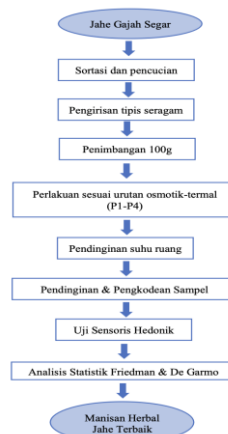
Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal, yaitu urutan proses osmotik termal pada pembuatan manisan herbal jahe. Perlakuan terdiri atas empat taraf, yaitu P1 sampai P4, dengan tiga ulangan sehingga diperoleh dua belas unit percobaan. Rancangan acak lengkap dipilih karena unit percobaan diperlakukan homogen dan penempatan perlakuan dilakukan secara acak untuk mengurangi bias. Weisha et al. (2025) menjelaskan bahwa RAL sesuai untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan pada unit yang relatif seragam.

Tabel 1. Perlakuan urutan proses osmotik termal manisan jahe

Kode	Urutan proses osmotik termal
P1	Gula → masak → oven 80° C
P2	Rebus 3 kali masing masing 30 menit → gula → kering angin 1 malam
P3	Gula → diamkan 12 jam → masak → kering angin 12 jam
P4	Rebus 5 kali → gula → kristalisasi

2.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas penyiapan bahan, pembuatan manisan herbal jahe sesuai perlakuan, pengeringan sesuai teknik yang ditetapkan, pengkodean sampel, pengujian sensoris, serta analisis statistik. Urutan tahapan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pembuatan Manisan Herbal Jahe

Berikut alur dan penjelasan tahapan pembuatan manisan herbal jahe sesuai Gambar 1:

1. Sortasi dan pencucian: Jahe disortasi dengan dipilih rimpang yang utuh dan bebas kerusakan, lalu dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Jahe kemudian dikupas dan dibilas kembali untuk meminimalkan kotoran dan kontaminan.
3. Pengirisan tipis seragam: Jahe diiris tipis dengan ketebalan dibuat seragam antar sampel (sekitar $\pm 2\text{mm}$).
4. Penimbangan 100 gram: Irisan jahe ditimbang 100 gram untuk setiap unit percobaan.
5. Perlakuan sesuai urutan osmotik termal P1 sampai P4: Tahap ini mencakup pra perlakuan serta penerapan urutan osmotik dan termal sesuai kode perlakuan. Tahap pra perlakuan setiap perlakuan sama yaitu: pertama, irisan jahe direndam dalam air kapur sirih selama 1 jam sesuai Yanti & Utami (2022) kemudian dicuci hingga bersih. Kedua, irisan jahe direndam dalam larutan garam selama 15 menit, kemudian dicuci hingga bersih. Ketiga baru urutan proses per perlakuan. Kontak gula berfungsi sebagai proses osmotik yang mendorong keluarnya air dari jaringan sekaligus masuknya gula ke jaringan, sedangkan pemanasan digunakan untuk melunakkan jaringan, menurunkan ketajaman rasa pedas, dan membentuk lapisan gula yang stabil (Zagórska *et al.*, 2022). P1 dilakukan dengan pencampuran gula, dilanjutkan pemasakan, kemudian pengeringan menggunakan oven pada 80°C sampai kering. P2 dilakukan dengan perebusan 3 kali, masing masing 30 menit, setiap siklus diakhiri penirisan, kemudian pencampuran gula, lalu pengeringan angin selama 1 malam. P3 dilakukan dengan pencampuran gula, didiamkan 12 jam untuk memperkuat efek osmotik, kemudian pemasakan, lalu pengeringan 12 jam. P4 dilakukan dengan perebusan berulang 5 kali hingga mendidih dan penirisan setiap siklus, kemudian pemasakan bersama gula 100 gram dan air sambil diaduk hingga terbentuk kristal yang menutup permukaan jahe. Keempat, setelah kristalisasi terbentuk, manisan diayak menggunakan ukuran 80 mesh untuk memisahkan serpihan gula bebas agar produk lebih seragam dan tidak menggumpal saat penyajian.
6. Pendinginan suhu ruang: Produk setelah dimasak dan dikeringkan, didinginkan pada suhu ruang hingga stabil.
7. Pendinginan dan pengkodean sampel: Sampel yang telah stabil dikemas sementara dalam wadah bersih, lalu diberi kode acak agar panelis tidak mengenali perlakuan.

2.4 Pengujian Sensoris

Uji sensoris dilakukan menggunakan uji hedonik oleh 20 panelis dengan skala penilaian 1 sampai 5, yaitu dari tidak suka hingga sangat suka, pada atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Pengujian dilaksanakan mengikuti kaidah uji kesukaan konsumen pada kondisi ruang uji yang terkontrol dan prosedur pemilihan panelis yang sesuai standar. Setiap sampel diberi kode acak tiga digit, kemudian disajikan kepada panelis dengan urutan penyajian yang diacak untuk menekan bias urutan. Di antara penilaian sampel, panelis berkumur menggunakan air mineral untuk meminimalkan sisa rasa (Andrestian *et al.*, 2025). Penilaian dilakukan secara individual, dan lembar penilaian dikumpulkan segera setelah seluruh sampel selesai dinilai.

2.5 Pengumpulan Data & Analisa Statistik

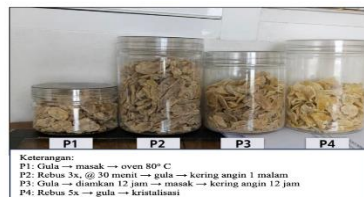
Data penelitian berupa skor hedonik skala 1 sampai 5 untuk setiap atribut penilaian pada masing masing perlakuan yang diberikan oleh 20 panelis. Data hedonik bersifat ordinal, sehingga hasil disajikan dalam bentuk nilai median dan rentang antar kuartil. Perbedaan skor antar perlakuan diuji menggunakan uji Friedman pada tingkat kepercayaan 95%. Setelah uji Friedman, perlakuan terbaik ditetapkan menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo termodifikasi Susrini dengan mempertimbangkan

bobot kepentingan setiap atribut sensoris. Penentuan bobot didasarkan pada tingkat kontribusi atribut terhadap penerimaan keseluruhan produk, di mana atribut rasa diberi bobot tertinggi karena secara konsisten dilaporkan sebagai faktor dominan dalam keputusan kesukaan konsumen pada produk pangan berbasis jahe, dibandingkan aroma atau warna. Studi sensoris pada produk jahe dan pangan herbal menunjukkan bahwa rasa berperan paling signifikan dalam menentukan kesukaan akhir, sedangkan aroma berfungsi sebagai atribut pendukung yang memperkuat persepsi rasa (Sakerebau et al., 2025; Sakdiyah & Utami, 2025). Seluruh pengolahan dan analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab 21.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Produk dan Skor Sensoris Manisan Herbal Jahe

Perbandingan empat perlakuan pengolahan manisan herbal jahe menunjukkan bahwa perubahan urutan kontak gula dan panas, serta cara mengakhiri proses melalui pengeringan atau kristalisasi, diikuti oleh perubahan karakter produk dan tingkat penerimaan panelis. Evaluasi dilakukan menggunakan uji hedonik terkontrol, sehingga perbedaan preferensi yang muncul dapat dibaca sebagai respons terhadap desain proses yang berbeda, bukan sekadar variasi acak antar sampel. Karakter produk ditampilkan melalui bukti visual, tersaji pada Gambar 2 dan diringkas bersama skor sensoris utama agar perubahan mutu yang dirasakan panelis dapat ditelusuri antar perlakuan secara konsisten.



Gambar 2. Profil Visual Manisan Herbal Jahe pada Urutan Perlakuan Osmotik-Termal

Pada Gambar 2, sampel P1 hingga P4 memperlihatkan kontras visual yang cukup jelas pada intensitas warna, ketampakan kristal gula, dan kesan kekeringan permukaan. P4 tampak paling cerah dengan lapisan kristal lebih terlihat, sedangkan P1 hingga P3 relatif lebih gelap dan berdebu gula dengan kesan padat yang berbeda antar wadah. Perbedaan ini konsisten dengan perlakuan P4 yang diawali perebusan berulang sehingga komponen larut dan sebagian pigmen terlarut berkurang, lalu produk tampak lebih cerah dan seragam. Perebusan pada irisan jahe dilaporkan dapat menekan deviasi warna selama proses pengeringan, sehingga penampakan akhir cenderung lebih stabil dibanding tanpa pra termal yang memadai (Amoah et al., 2022; Heraningsih et al., 2025). Selain itu, tahap gula dan kristalisasi pada P4 memperkuat pembentukan lapisan kristal di permukaan melalui mekanisme kehilangan air dan kenaikan padatan terlarut, sehingga kesan berkilau dan kering lebih menonjol (Hissham et al., 2023).

Pola visual ini selaras dengan logika penilaian sensoris, karena panelis umumnya merespons penampakan sebagai sinyal awal mutu sebelum mengevaluasi aroma, rasa, dan tekstur. Selain 5 atribut utama pada lembar hedonik, catatan panelis mengindikasikan atribut turunan yang relevan untuk menjelaskan preferensi, meliputi warna terlalu pucat atau terlalu gelap, aroma jahe kuat, aroma gula karamel, aroma asing, rasa manis, pedas, pahit, aftertaste, serta tekstur keras, berserat, renyah, dan lengket. Ringkasan skor hedonik dan hasil uji Friedman untuk tiap atribut utama disajikan pada Tabel 2, sementara atribut turunan dipakai sebagai penjelas yang lebih terperinci ketika kecenderungan skor antar perlakuan berdekatan dan membutuhkan konteks sensori yang lebih spesifik.

Tabel 2. Rerata Skor Hedonik Manisan Herbal Jahe dan Nilai p uji Friedman

Parameter	P1	P2	P3	P4	Nilai p Friedman
Warna	3.5 ± 0.8 Netral hingga Suka	3.6 ± 0.7 Suka	3.7 ± 0.7 Suka	4.4 ± 0.6 Sangat suka	0.001*
Aroma	3.3 ± 0.9 Netral	3.54 ± 0.8 Netral hingga Suka	3.5 ± 0.7 Suka	4.0 ± 0.7 Suka	0.012*
Rasa	3.1 ± 1.0 Netral	3.4 ± 0.9 Netral hingga Suka	3.3 ± 0.8 Netral	4.3 ± 0.6 Sangat suka	<0.001*
Tekstur	3.0 ± 1.1 Netral	3.3 ± 0.9 Netral	3.6 ± 0.8 Suka	4.1 ± 0.7 Suka	0.002*
Kesukaan keseluruhan	3.2 ± 0.9 Netral	3.5 ± 0.8 Netral hingga Suka	3.7 ± 0.7 Suka	4.4 ± 0.6 Sangat suka	<0.001*

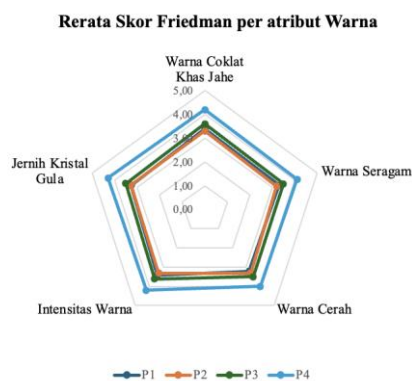
Note: n = 20 panelis; skala 1 sampai 5; *menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 2, seluruh atribut utama memperlihatkan perbedaan nyata antar perlakuan, dan P4 konsisten berada pada tingkat kesukaan tertinggi untuk warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Kecenderungan ini sejalan dengan rancangan P4 yang menempatkan pemanasan berulang sebelum tahap gula dan diakhiri kristalisasi, sehingga urutan proses membentuk kondisi matriks jahe yang berbeda saat terjadi perpindahan massa. Pada urutan yang diawali perlakuan termal intensif, komponen yang memicu sensasi pedas tajam dan getir cenderung berkurang, sementara permukaan lebih mudah membentuk lapisan gula terstruktur yang memengaruhi persepsi manis, kerapuhan, dan kesan bersih pada aftertaste. Arah perubahan sensori ini konsisten dengan temuan literatur bahwa pemanasan dan blanching yang lebih lama dapat menurunkan kandungan gingerol, yang berkontribusi pada intensitas kepedasan, sekaligus menggeser profil sensori jahe (Zagórska et al., 2022).

Keterkaitan urutan osmotik termal dan teknik pengeringan tercermin pada rasa dan tekstur, karena keduanya dipengaruhi oleh efektivitas kontak gula, pelepasan komponen pedas, serta kondisi akhir pengeringan yang membentuk kekeringan dan struktur gigitan. Urutan tahapan mengarahkan perpindahan massa air dan padatan terlarut pada irisan jahe, sehingga berdampak pada pembentukan kristal permukaan, sisa kadar air, dan kesan berserat atau keras yang dicatat panelis (Mari et al., 2024). Uji Friedman dipilih karena sesuai untuk data hedonik berskala ordinal dengan desain penilaian berulang oleh panelis pada seluruh perlakuan (Utami & Fauziah, 2024) ditentukan oleh ada tidaknya gula dan pemanasan, melainkan oleh urutan tahapan yang mengarahkan keseimbangan antara pengurangan kepedasan, pembentukan lapisan kristal, dan karakter gigitan produk. Perlakuan P4 menunjukkan konfigurasi proses yang cenderung menghasilkan profil yang lebih mudah diterima konsumen karena warna lebih cerah, rasa lebih bersih, serta tekstur lebih stabil. Sebaliknya, perlakuan yang tidak diawali pra termal intensif dan tidak diakhiri kristalisasi berpotensi memunculkan catatan panelis berupa rasa pahit atau pedas yang masih dominan, tekstur berserat, atau aroma yang kurang khas jahe, sehingga penyesuaian dapat diarahkan pada penguatan tahapan pra perebusan atau pengendalian titik akhir pemasakan hingga terbentuk kristal merata (Solichah et al., 2023). Dengan demikian, urutan osmotik termal dapat diperlakukan sebagai parameter kendali proses yang dapat direplikasi untuk menjaga konsistensi mutu sensori, terutama pada atribut rasa dan tekstur yang paling menentukan penerimaan keseluruhan.

3.2 Preferensi Warna Manisan Herbal Jahe

Gambar 3 terlihat bahwa perlakuan P4 memperoleh skor tertinggi dan paling konsisten pada seluruh turunan atribut warna, yaitu warna coklat khas jahe, warna seragam, warna cerah, intensitas warna, serta kejernihan kristal gula. P3 dan P2 berada pada tingkat menengah dengan pola radar yang relatif berdekatan, sedangkan P1 cenderung membentuk luasan radar paling kecil terutama pada kecerahan dan kejernihan kristal gula, sehingga preferensi visualnya lebih rendah dibanding perlakuan lain.



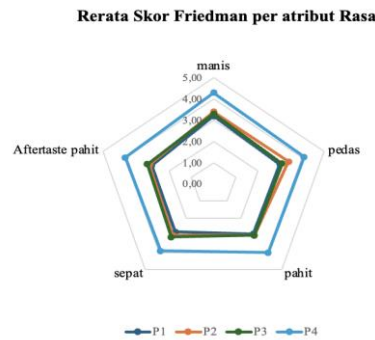
Gambar 3. Profil preferensi Atribut Warna Manisan Herbal Jahe

Kecenderungan tersebut sejalan dengan perbedaan urutan proses yang memodulasi perubahan warna selama pemanasan dan pengeringan. Pada P4, perebusan berulang sebelum tahap gula berpotensi menurunkan komponen larut yang memicu penggelapan dan membuat warna akhir lebih stabil, sekaligus membantu pengeringan lebih seragam sehingga kesan warna lebih merata pada permukaan irisan. Studi pengolahan jahe menunjukkan bahwa perlakuan perebusan dengan intensitas berkali kali dapat mempercepat pengeringan dan berkontribusi pada mutu penampakan, termasuk pemeliharaan warna dibanding sampel tanpa pra termal yang memadai (Ndukwu et al., 2023; Utami & Fitriani, 2025). Selain dipengaruhi oleh reaksi pencoklatan, perbedaan preferensi warna antar perlakuan juga berkaitan erat dengan mekanisme perpindahan massa selama rangkaian osmotik–termal. Pada P4, perebusan berulang sebelum tahap kristalisasi meningkatkan gradien potensial kimia air antara jaringan jahe dan medium pemrosesan, sehingga air bebas lebih cepat keluar dari matriks sel. Kondisi ini menurunkan aktivitas air permukaan dan membatasi difusi senyawa reaktif ke lapisan luar jaringan, yang pada akhirnya menghasilkan warna lebih cerah dan seragam (Yulni et al., 2024). Terbentuknya lapisan kristal sukrosa yang lebih stabil pada permukaan jaringan jahe setelah perebusan berulang dapat dianggap sebagai sistem yang berada pada energi bebas yang lebih rendah dibandingkan saat permukaan tidak tertutup kristal terstruktur. Kristal sukrosa yang lebih homogen memberikan resistansi terhadap difusi lanjutan panas dan massa, sehingga laju reaksi non-enzimatis yang memicu pencoklatan (seperti Maillard) dapat ditekan, menghasilkan warna yang lebih cerah dan seragam dibanding perlakuan yang berakhir pada pengeringan oven tanpa fase kristalisasi terkontrol (Yegrem & Ababele, 2022).

Di sisi lain, tahapan osmotik melalui kontak gula mengarahkan perpindahan massa berupa penurunan air dan peningkatan padatan terlarut, yang berpengaruh pada intensitas warna dan keseragaman permukaan karena terbentuknya lapisan gula lebih terstruktur. Perbedaan skor kejernihan kristal gula dan kecerahan pada Gambar 3 juga mengindikasikan bahwa titik akhir proses berperan sebagai penentu citra visual produk. Perlakuan yang menutup proses dengan pemanasan oven berpotensi meningkatkan reaksi pencoklatan non enzimatis, sehingga warna cenderung lebih gelap dan kejernihan kristal gula menurun, terutama ketika suhu, waktu, dan kadar air berada pada rentang yang mendukung pembentukan pigmen pencoklatan (Sakdiyah & Utami, 2025). Pola ini menjelaskan mengapa P4 lebih mudah membentuk tampilan cerah dan seragam, sementara perlakuan lain dapat bergeser ke warna lebih kusam atau lebih gelap; konsekuensinya, kontrol jumlah siklus perebusan dan titik kristalisasi menjadi parameter proses yang langsung memengaruhi persepsi visual panelis, bukan sekadar langkah operasional tambahan.

3.3 Preferensi Rasa Manisan Herbal Jahe

Profil preferensi rasa paling tinggi dan paling merata pada lima turunan atribut, yaitu manis, pedas, pahit, sepat, dan aftertaste pahit adalah P4 tersaji dalam Gambar 4. P2 dan P3 berada pada tingkat menengah dengan jarak antarturunan atribut yang relatif kecil, sedangkan P1 menunjukkan luasan radar paling rendah terutama pada pedas dan aftertaste pahit. Pola ini konsisten dengan ringkasan atribut rasa pada Tabel 2, ketika skor hedonik rasa P4 berada pada kategori sangat suka dan lebih tinggi dibanding P1 sampai P3.



Gambar 4. Profil preferensi Atribut Rasa Manisan Herbal Jahe

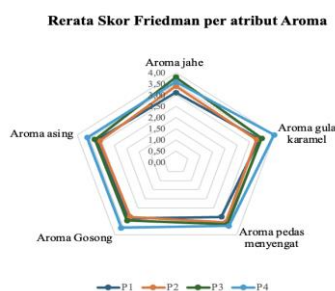
Perbedaan respons tersebut logis bila ditautkan pada perubahan komponen penentu sensasi tajam jahe akibat perlakuan panas dan urutan proses. Pemanasan berulang pada bahan jahe dapat menurunkan fraksi senyawa penyumbang kepedasan dan getir, serta menggeser profil sensori ke arah yang lebih halus sehingga rasa manis dari gula menjadi lebih dominan dan aftertaste lebih mudah diterima. Pada kajian komponen aktif jahe, intensitas pedas berkaitan kuat dengan kelompok gingerol/shogaol, dan pemrosesan termal dilaporkan memodifikasi komposisi kelompok ini sehingga persepsi pedas-getir dapat berubah nyata di produk akhir (Jiang, 2025). Secara mekanistik, keunggulan P4 pada atribut rasa berkaitan dengan perpindahan massa yang lebih terkontrol selama kristalisasi, di mana gradien osmotik yang terbentuk setelah perebusan berulang mendorong difusi gula masuk ke jaringan jahe bersamaan dengan keluarnya senyawa larut penyumbang pahit dan sepat. Pembentukan lapisan kristal sukrosa pada permukaan jaringan dapat dipandang sebagai sistem dengan energi bebas lebih rendah, sehingga fluks lanjutan air dan senyawa pedas menjadi terbatas dan menghasilkan profil rasa yang lebih stabil serta aftertaste yang lebih bersih. Kondisi ini menjelaskan mengapa P4 tidak hanya meningkatkan persepsi manis, tetapi juga menekan residu pahit yang umumnya muncul akibat ketidakseimbangan antara difusi gula dan degradasi senyawa aktif jahe selama pemrosesan termal.

Selain itu, pada sistem osmotik-termal, urutan kontak gula dan pelepasan air turut mengatur masuknya padatan terlarut dan perubahan struktur jaringan, yang akhirnya memengaruhi rasa yang tertinggal serta kemunculan pahit/sepat. Studi dehidrasi osmotik pada matriks pangan menunjukkan bahwa migrasi gula ke jaringan terjadi seiring keluarnya air dan terbentuknya struktur yang lebih terbuka, sehingga profil rasa cenderung bergeser menuju lebih manis dan lebih stabil dibanding perlakuan yang tidak mengoptimalkan perpindahan massa (Khuwilitjaru et al., 2022). Dalam konteks manisan jahe, capaian P4 mengindikasikan bahwa desain proses yang menekan tajamnya jahe sekaligus membangun lapisan gula yang lebih efektif menghasilkan profil rasa yang paling smooth terasa di lidah panelis, bukan sekadar lebih manis, tetapi juga lebih terkendali pada bagian akhir (aftertaste) yang sering menjadi sumber penolakan pada produk berbasis jahe.

Secara fisiokimia, keunggulan profil rasa pada P4 juga dapat dijelaskan melalui perbedaan mekanisme perpindahan massa antar perlakuan, di mana rebusan berulang di P4 menciptakan gradien air dan padatan terlarut yang lebih besar sehingga difusi sukrosa ke dalam jaringan jahe lebih efisien dan distribusi gingerol/shogaol tersisa menjadi lebih homogen. Hal ini mengubah keseimbangan internal antara dehidrasi air dan penyerapan padatan gula, yang pada akhirnya membentuk struktur mikro yang lebih stabil dan mengurangi ekstraksi senyawa pahit ke permukaan (Pérez-González et al., 2023), sehingga sensasi pahit dan aftertaste lebih rendah pada P4 dibandingkan perlakuan lain pada kondisi durasi/suhu setara. Secara termodinamika pangan, sistem dengan kristalisasi sukrosa yang lebih teratur memiliki energi bebas lebih rendah dan resistansi difusi yang lebih tinggi terhadap senyawa tidak diinginkan, sehingga perubahan rasa selama pengeringan menjadi lebih terkendali dan konsisten dengan preferensi panelis (Abshar et al., 2025).

3.4 Preferensi Aroma Manisan Herbal Jahe

Pola pada Gambar 5 menunjukkan bahwa P4 memiliki rerata skor tertinggi pada hampir seluruh atribut aroma, terutama pada aroma gula karamel dan aroma gosong, disertai intensitas aroma jahe yang tetap kuat. P1 cenderung berada pada skor terendah dan lebih datar antar atribut, sedangkan P2 dan P3 berada di tingkat menengah dengan perbedaan kecil pada aroma jahe dan aroma pedas menyengat. Pola ini konsisten dengan skor hedonik aroma pada Tabel 2 yang menempatkan P4 sebagai perlakuan dengan penerimaan aroma tertinggi.



Gambar 5. Profil preferensi Atribut Aroma Manisan Herbal Jahe

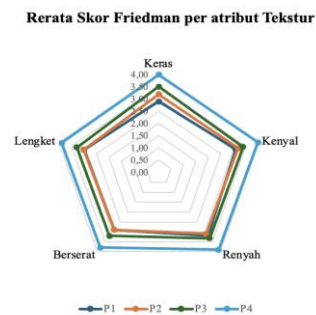
Perbedaan tersebut disebabkan oleh perlakuan urutan osmotik termal dan cara akhir proses. Pada P4, perebusan berulang sebelum kontak gula berpotensi mereduksi komponen volatil yang tajam dan menyengat, lalu tahap pemasakan gula menuju kristalisasi membentuk nuansa karamel yang lebih mudah dikenali panelis dan meningkatkan kesan aroma manis hangat. Transformasi senyawa khas jahe selama pemanasan, termasuk pergeseran komponen gingerol dan turunan volatil yang memengaruhi aroma dan sensasi pedas, telah banyak dilaporkan pada kajian komponen bioaktif jahe dan studi pengeringan yang menunjukkan degradasi gingerol serta perubahan reaksi pencoklatan pada suhu lebih tinggi (Sakdiyah & Utami, 2025; Yanti & Utami, 2022). Dengan demikian, karakter aroma P4 yang lebih sedikit kuat sering berjalan beriringan dengan preferensi rasa yang meningkat karena intensitas pedas menyengat lebih terkendali. Secara mekanistik, keunggulan aroma pada P4 berkaitan dengan perpindahan massa volatil dan uap air selama perebusan berulang dan tahap kristalisasi, di mana penurunan kadar air permukaan meningkatkan tekanan uap relatif senyawa aromatik nonpolar sehingga senyawa tajam mudah terlepas lebih awal, sementara komponen aroma karamel yang lebih stabil terperangkap dalam matriks gula. Pembentukan lapisan kristal sukrosa pada permukaan jaringan jahe menciptakan barrier difusi parsial yang menurunkan kehilangan senyawa volatil residual selama pengeringan,

sehingga profil aroma jahe–karamel menjadi lebih seimbang dan persisten. Sistem dengan kadar air lebih rendah dan aktivitas air terkendali memiliki stabilitas aroma lebih tinggi karena laju migrasi dan degradasi senyawa volatil menjadi lebih lambat, yang menjelaskan konsistensi preferensi aroma pada P4 (Amoah et al., 2022; Ali et al., 2022).

Atribut aroma asing dan aroma gosong yang juga relatif meningkat pada P4 perlu dibaca sebagai sinyal proses yang mendekati batas optimum, karena pembentukan aroma karamel yang disukai dapat bergeser menjadi nada gosong bila pemanasan terlalu intens atau kadar air menurun terlalu cepat pada permukaan. Studi pengeringan jahe menunjukkan bahwa variasi kondisi proses dapat mengubah komposisi ratusan senyawa volatil, sehingga pengendalian tahap akhir sangat menentukan profil aroma jatuh pada spektrum karamel yang menyenangkan atau mengarah pada off-odor (Amoah et al., 2022; Wijayanti et al., 2023). Temuan ini menegaskan bahwa desain urutan proses tidak hanya menaikkan skor aroma, tetapi juga memberi titik kendali praktis untuk menjaga aroma jahe tetap muncul tanpa tertutup aroma gula atau menghasilkan nada asing yang menurunkan penerimaan.

3.5 Preferensi Tekstur Manisan Herbal Jahe

Pada Gambar 6, pola skor preferensi tekstur menunjukkan urutan P4 sebagai yang paling tinggi pada seluruh atribut yang dinilai (keras, kenyal, renyah, berserat, dan lengket), diikuti P3, lalu P2, dan terendah P1. Kenaikan skor P4 paling menonjol pada atribut renyah dan kenyal, sementara P1–P2 cenderung lebih rendah pada atribut yang berhubungan dengan kenyamanan gigitan dan kemudahan dikunyah. Pola ini konsisten dengan skor hedonik tekstur pada Tabel 2 yang menempatkan P4 sebagai perlakuan dengan penerimaan tekstur tertinggi.



Gambar 6. Profil preferensi Atribut Tekstur Manisan Herbal Jahe

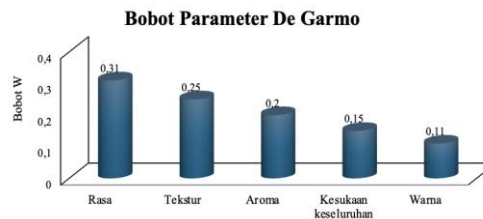
Perbedaan tersebut dapat dijelaskan oleh perbedaan kondisi matriks jahe ketika memasuki tahap gula dan pengeringan/kristalisasi. Perlakuan termal berulang pada P4 lebih dulu melonggarkan struktur jaringan dan menurunkan fraksi komponen larut tertentu, sehingga difusi sukrosa dan pembentukan lapisan gula lebih merata. Kondisi ini biasanya menghasilkan gigitan pada manisan jahe yang lebih stabil (tidak keras ekstrem) dan sensasi renyah yang lebih bersih dibanding perlakuan yang dominan langsung kering tanpa pra-perlakuan termal memadai. Studi tentang kombinasi pra-perlakuan osmotik dan pengeringan juga menunjukkan bahwa perubahan jalur perpindahan massa akan mengubah mikro struktur, yang kemudian tercermin sebagai perbedaan persepsi tekstur, misalnya kerenyahan dan kecenderungan lengket pada produk kering (Yulni et al., 2024). Keunggulan tekstur P4 juga dapat dipahami melalui perpindahan massa dan pembentukan mikrostruktur kristal sukrosa pada permukaan jaringan jahe setelah perebusan berulang. Selama tahap osmotik dan kristalisasi, gradien potensi kimia air dan gula yang besar mempercepat difusi sukrosa ke dalam struktur jaringan sambil menurunkan aktivitas air, sehingga terbentuk lapisan kristal yang lebih seragam dan stabil yang membatasi proses

pengerasan jaringan dan mengurangi fragmen berserat yang tajam. Pendekatan termodinamika pangan sederhana menyatakan bahwa sistem kristal sukrosa yang terbentuk cenderung memiliki energi bebas lebih rendah dan resistansi difusi yang lebih tinggi terhadap air (Morales et al., 2024), sehingga jaringan jahe yang tertutup kristal mempertahankan kelembutan dan renyah yang diinginkan, sekaligus menekan dominasi keras atau berserat yang tidak disukai panelis.

Dari sisi aplikasi proses, hasil ini menegaskan bahwa tekstur yang disukai pada manisan jahe tidak hanya ditentukan oleh tingkat pengeringan akhir, tetapi terutama oleh proses gula dikontakkan relatif terhadap intensitas pemanasan dan setelah proses berakhir. Ketika kristalisasi terbentuk seragam dan kadar air permukaan cepat turun, kelengketan cenderung terkendali dan renyah lebih mudah muncul tanpa membuat produk menjadi terlalu keras, sejalan dengan konsep bahwa teknologi pengeringan dan pra-perlakuan menentukan kualitas fisik produk jahe kering melalui perubahan struktur dan distribusi komponen terlarut (Malik & Kumar, 2023).

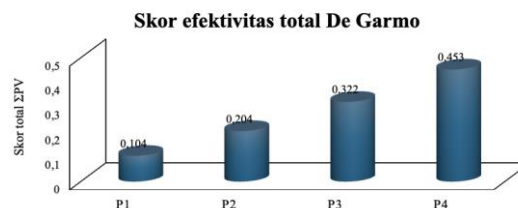
3.6 Seleksi Perlakuan Terbaik

Untuk menetapkan perlakuan terbaik dari P1–P4 secara lebih obyektif (tidak hanya melihat satu atribut), penelitian ini menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo yang diadaptasi dalam kajian teknologi pangan termodifikasi Susrini dan umum dipakai untuk pengambilan keputusan multikriteria berbasis data organoleptik (Utami & Sinta, 2024). Dalam pendekatan ini, skor tiap atribut dinormalisasi menjadi nilai efektivitas, kemudian dikalikan bobot kepentingan (W) untuk menghasilkan nilai produktivitas per atribut dan skor total (ΣPV) sebagai dasar pemeringkatan perlakuan.



Gambar 7. Histogram Bobot Parameter Sensoris Manisan Herbal Jahe

Berdasarkan Gambar 7, bobot parameter menunjukkan prioritas penentu mutu sensoris manisan jahe, yaitu rasa (0,31) sebagai bobot tertinggi, diikuti tekstur (0,25), aroma (0,20), kesukaan keseluruhan (0,15), dan warna (0,11). Komposisi bobot ini menegaskan bahwa keputusan terbaik terutama digerakkan oleh atribut yang paling sering menjadi dasar penerimaan konsumsi (keseimbangan manis–pedas/aftertaste dan sensasi gigitan), sedangkan warna berperan sebagai penguat persepsi awal tetapi kontribusinya relatif lebih kecil dalam penentuan akhir ketika panelis sudah mengevaluasi rasa dan tekstur. Pola pembobotan seperti ini sejalan dengan praktik indeks efektivitas yang menempatkan atribut dominan pada bobot lebih besar agar skor total lebih sensitif terhadap perubahan mutu yang paling relevan bagi konsumen.



Gambar 8. Histogram Indeks Efektivitas Perlakuan Manisan Herbal Jahe

Pada Gambar 8, skor efektivitas total memperlihatkan urutan kinerja yang tegas: P4 (0,453) > P3 (0,322) > P2 (0,204) > P1 (0,104), sehingga P4 terpilih sebagai perlakuan terbaik. Keunggulan P4 terjadi karena nilai atribut yang paling besar bobotnya (parameter rasa dan tekstur) berada pada tingkat preferensi lebih tinggi, sehingga kontribusinya mendominasi Σ PV, sementara atribut lain (aroma, overall, warna) berfungsi memperkuat konsistensi skor total. Dengan demikian, pemilihan P4 tidak hanya mencerminkan satu aspek kesukaan, tetapi merupakan agregasi performa sensoris yang mempertimbangkan prioritas atribut, sehingga lebih kuat untuk dijadikan dasar rekomendasi proses (urutan osmotik–termal dan tahap akhir kristalisasi/pengeringan) pada skala produksi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian hedonik (warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan), urutan proses osmotik–termal dan teknik akhir pengeringan/kristalisasi terbukti memengaruhi mutu sensoris manisan herbal jahe, dengan perbedaan antar perlakuan yang nyata pada seluruh atribut utama. Perlakuan P4 (rebus 5× → gula → kristalisasi) memberikan tingkat penerimaan tertinggi dan paling konsisten, tercermin dari skor hedonik tertinggi pada warna (4,4), aroma (4,0), rasa (4,3), tekstur (4,1), dan kesukaan keseluruhan (4,4), serta menjadi perlakuan terbaik berdasarkan indeks efektivitas De Garmo dengan Σ PV 0,453 (P4 > P3 > P2 > P1). Pembobotan De Garmo menegaskan bahwa keputusan mutu paling banyak ditentukan oleh rasa (W=0,31) dan tekstur (W=0,25), sehingga konfigurasi proses yang mampu menyeimbangkan sensasi jahe, manis, dan karakter gigitan melalui kristalisasi menjadi opsi paling prospektif untuk diterapkan sebagai prosedur proses terstandar pada produksi skala rumah tangga/UKM guna meningkatkan konsistensi penerimaan konsumen. Ke depan, penelitian disarankan menambahkan verifikasi objektif (kadar air, Activity Water/Aw, uji kekerasan, uji warna color reader, serta stabilitas selama penyimpanan) agar rekomendasi proses terpilih dapat dipastikan tidak hanya unggul secara sensoris, tetapi juga stabil secara mutu dan aman selama distribusi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada DRPM Kemendikisaintek Melalui Hibah PKM Tahun 2025 atas dukungan dana terlaksananya penelitian ini. Tak lupa kepada Mahasiswa dan Dosen Fakultas Pertanian yang memberikan saran dan dukungan secara lengkap terhadap data sensoris Produk Manisan Herbal Jahe.

REFERENCES

- Abshar, M., Jha, A. K., Sharma, M., Aykın-Dinçer, E., & Dinçer, C. (2025). Effect of Pretreatments and Assistant Treatments on Mass Transfer and Product Quality in Osmotic Dehydration Process of Fruit and Vegetables. *Journal of Food Process Engineering*, 48(11), e70252. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70252>
- Ali, S. Z., Rahman, K., & Sultana, A. (2022). Formulation Development, Characterization and Antimicrobial Activity Evaluation of Sugar-Based and Sugar-Free Syrup Prepared with the Ingredients of Jushanda-Nazla. *Traditional and Integrative Medicine*, 87-103. <https://doi.org/10.18502/tim.v7i1.9067>
- Amoah, R. E., Wireko-Manu, F. D., Oduro, I., Saalia, F. K., Ellis, W. O., Dodoo, A., & Manful, M. E. (2022). Effects of pretreatment and drying on the volatile compounds of sliced solar-dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) rhizome. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 1274679. <https://doi.org/10.1155/2022/1274679>.
- Andrestian, M. D., Utami, N. K., Insana, A., & Noraini, N. (2025). Development and evaluation of functional “Harukam” jelly gum for oral health in stunted children. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 10(4), 1108-1120. <https://dx.doi.org/10.30867/action.v10i4.2991>.

- Dalsasso, R. R., Valencia, G. A., & Monteiro, A. R. (2022). Impact of drying and extractions processes on the recovery of gingerols and shogaols, the main bioactive compounds of ginger. *Food Research International*, 154, 111043. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111043>
- Evania, M. K., Ananingsih, V. K., & Soedarini, B. (2024). Kajian pustaka optimasi kondisi proses berbagai metode pengeringan pada rimpang (jahe, kunyit, dan temulawak). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 5483-5496. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i1.8474>
- Gao, Y., Lu, Y., Zhang, N., Udenigwe, C. C., Zhang, Y., & Fu, Y. (2024). Preparation, pungency and bioactivity of gingerols from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(9), 2708-2733. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2124951>
- Gunawan, M. I. F., Lubis, M. I. A., Salfiana, S., Prayudi, A., Wihansah, R. R. A. S. B., Utami, C. R., & Lubis, M. (2024). Teknologi pengolahan bahan pangan. Yayasan Kita Menulis.
- Heraningsih, S. F., Utami, C. R., Sayuti, M., Maulani, A., Kasim, R., Dali, F. A., & Suryadri, H. (2025). Prinsip ilmu dan teknologi pangan. Yayasan Kita Menulis.
- Hissham, M. H., Kamarudin, K. H., Isa, M. I. N., & Md Salim, N. S. (2023). Characterization of freeze-dried ginger slices with carboxymethyl cellulose as potential coating material prior to osmotic dehydration. *Food Research*, 7(3), 48-54. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(3\).896](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(3).896)
- Jiang, X. (2025). Biological mechanisms, pharmacological and pathological activities, and quality optimization of gingerols and shogaols. *Journal of Functional Foods*, 127, 106773. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.106773>
- Koch, D., Borah, M., Sarkar, A., Gogoi, G., Hajong, B., Boruah, A. D., & Bharali, P. (2025). Evaluation of drying kinetics models and functional properties of *Etingera linguiformis* (Roxb.) RM Sm.: An aromatic ginger from North East India. *Industrial Crops and Products*, 225, 120569. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120569>
- Khuwijitjaru, P., Somkane, S., Nakagawa, K., & Mahayothee, B. (2022). Osmotic dehydration, drying kinetics, and quality attributes of osmotic hot air-dried mango as affected by initial frozen storage. *Foods*, 11(3), 489. <https://doi.org/10.3390/foods11030489>
- Laelago Erasedo, T., Teka, T. A., Fikreyesus Forsido, S., Dessalegn, E., Adebo, J. A., Tamiru, M., & Astatkie, T. (2023). Food flavor enhancement, preservation, and bio-functionality of ginger (*Zingiber officinale*): a review. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 928-951. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2194576>
- Morales, H., di Sciascio, F., Aguirre-Zapata, E., & Amicarelli, A. (2024). Crystallization process in the sugar industry: a discussion on fundamentals, industrial practices, modeling, estimation and control. *Food engineering reviews*, 16(3), 441-469. <https://doi.org/10.1007/s12393-024-09377-3>
- Malik, A., & Kumar, M. (2023). Advancements in ginger drying technologies. *Journal of Stored Products Research*, 100, 102058. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102058>
- Mari, A., Parisouli, D. N., & Krokida, M. (2024). Exploring osmotic dehydration for food preservation: Methods, modelling, and modern applications. *Foods*, 13(17), 2783. <https://doi.org/10.3390/foods13172783>
- Ndukwu, M. C., Augustine, E. B., Ugwu, E., Ibeh, M. I., Ekop, I., Akpan, G., & Abam, F. (2023). Drying kinetics and thermo-economic analysis of drying hot water blanched ginger rhizomes in a hybrid composite solar dryer with heat exchanger. *Heliyon*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13606>
- Nurhayati, B. Kunarto, S.Y. Kiptiyah, P.S. Widyawati, C.R. Utami, A. Dinoto, A.P. Kamarudin, C.G.C. Lopulalan, J. Sukweenadhi. (2025). *Bioaktif pangan*. Hei Publishing.
- Özkan-Karabacak, A., Özcan-Sinir, G., Çopur, A. E., & Bayazit, M. (2022). Effect of osmotic dehydration pretreatment on the drying characteristics and quality properties of semi-dried (Intermediate) Kumquat (*Citrus japonica*) slices by vacuum dryer. *Foods*, 11(14), 2139. <https://doi.org/10.3390/foods11142139>
- Pérez-González, E., Severiano-Pérez, P., Aviña-Jiménez, H. M., & Velázquez-Madrado, O. D. C. (2023). Geothermal food dehydrator system, operation and sensory analysis, and dehydrated pineapple quality. *Food Science & Nutrition*, 11(11), 6711-6727. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3249>

- Sakdiyah, A. F., & Utami, C. R. (2025). Effect of Sugar Substitution with Date Extract and Honey on the Characteristics of Ginger Hard Candy. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 13(4), 200-212. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2025.013.04.1>.
- Sakerebau, W., Puspitojati, E., & Nalinda, R. (2025). Evaluasi Hedonik Produk Jahe Latte dengan Beberapa Jenis Pemanis. *Journal of Agribusiness and Rural Development (Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Pedesaan)*, 7(2), 155-164. <https://doi.org/10.35791/agrirud.v7i2.61845>
- Shirsat, B. S. (2022). Studies on osmotic and convective drying of ginger (*Zingiber officinale*) slices (Doctoral dissertation, Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya, Raipur (CG)).
- Solichah, W., Utomo, D., & Utami, C. R. (2023). Pengaruh konsentrasi CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) dan gula aren terhadap fisikokimia dan organoleptik selai umbi bit (*Beta vulgaris L.*) ekstrak jahe merah: The effect of concentration of CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) and palm sugar on physicochemical and organoleptics of beetroot jam (*Beta vulgaris L.*) red ginger extract. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 14(1), 118-131. <https://doi.org/10.35891/tp.v14i1.3784>.
- Utami, C. R., & Fauziah, S. H. (2024). Pengaruh penambahan ekstrak lemon (*citrus limon*) terhadap karakteristik minuman bunga telang (*clitoria ternatea*). *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(5), 553-566. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i5.4209>.
- Utami, C. R., & Fitriani, A. (2025). Pengaruh suhu pengeringan dan fortifikasi sari belimbing wuluh (*averrhoa bilimbi*) terhadap karakteristik fruit leather buah carica (*pubescens lenne*). *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 16(1), 80-92. <https://doi.org/10.35891/tp.v16i1.6035>.
- Wang, J. R., Wu, X. Y., Cui, C. B., & Bi, J. F. (2024). Effect of osmotic dehydration combined with vacuum freeze-drying treatment on characteristic aroma components of peach slices. *Food Chemistry: X*, 22, 101337. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101337>
- Weisha, G., Pratiwi, L., Yollanda, M., & Misrika, D. (2025). Evaluasi Perbandingan Efisiensi Rancangan Percobaan Klasik dan Rancangan Optimal dalam Mengestimasi Efek Perlakuan. *Journal of Science and Technology*, 5, 2.
- Wijayanti, R., & Arsan, A. (2023). Analisis Sensori Manisan Jahe Merah (*Zingiber Officinale Var. Rubrum*). *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta*, 2(1), 97-101. <https://doi.org/10.47233/jppie.v2i1.774>
- Yanti, J. S. A., & Utami, C. R. (2022). Pengaruh penambahan kopi robusta bubuk (*Coffea canephora L.*) dan jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) sebagai sumber antioksidan pada pembuatan cookies. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(2), 253-263. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i2.3445>
- Yegrem, L., & Ababele, L. (2022). Pretreatments, dehydration methods and packaging materials: effects on the nutritional quality of tomato powder. *Austin J. Nutr. Food Sci.*, 10(2), 1167.
- Yulni, T., Agusta, W., Jayanegara, A., Alfa, M. N., Hartono, L. K., Mariastuty, T. E. P., & Lintang, M. M. J. (2024). Unveiling the Influence of Osmotic Pretreatment on Dried Fruit Characteristics: A Meta-Analysis Approach. *Preventive Nutrition and Food Science*, 29(2), 178. <https://doi.org/10.3746/pnf.2024.29.2.178>.
- Yulni, T., Agusta, W., Alfa, M. N., Astuti, A., Mariastuty, T. E. P., Hermansyah, H. D., & Lintang, M. M. J. (2024). Pengaruh pra-perlakuan osmotik dalam pengeringan terhadap karakteristik buah kering: meta analisis. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 18(4), 1001-1011. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i4.20425>.
- Zagórska, J., Czernicka-Boś, L., Kukula-Koch, W., Szalak, R., & Koch, W. (2022). Impact of thermal processing on the composition of secondary metabolites of ginger rhizome—a review. *Foods*, 11(21), 3484. <https://doi.org/10.3390/foods11213484>.