

Karakterisasi Sucrose-Free Hard candy Dengan Suplementasi Ekstrak Cabe Jamu (*Piper retrofractum Vahl*)

Properties of Sucrose-Free Hard candy Supplemented with Javanese long pepper (*Piper retrofractum Vahl*) Extracts

Mojiono Mojiono¹, Supriyanto^{1*}, Andriani Agusbudi Kurniawati¹

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura, Kamal, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur 69162, Indonesia

Abstrak.

Permen merupakan produk konfektioner yang populer di masyarakat dan dihasilkan dari campuran dan sari buah atau bahan tambahan pangan untuk modifikasi rasa, warna dan tekstur. Pengurangan atau substitusi sukrosa dalam produk permen menjadi suatu kebutuhan mendesak seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pola hidup sehat. Tujuan penelitian adalah mengembangkan formulasi permen keras (hard candy) dan kombinasi pemanis glukosa dan fruktosa, dengan suplementasi ekstrak cabe jamu. Karakteristik sucrose-free hard candy diamati yaitu warna, pH, waktu larut, aktivitas antioksidan, dan profil hedonik. Rancangan penelitian ini menggunakan Racangan Acak Lengkap (RAL) Non Faktorial dengan perbedaan proporsi pemanis (dalam satuan g), yaitu FR0 sukrosa:glukosa (60:50); FR1 fruktosa:glukosa (40:70); FR2 fruktosa:glukosa (35:75), dan FR3 fruktosa:glukosa (30:80) dengan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna permen (ditunjukkan dalam notasi warna RGB) pada FR0 lebih tinggi (73,63) dari pada FR1, FR2, dan FR3 (29,26-36,60). Secara visual, permen FR0 terlihat lebih cerah dengan kombinasi warna coklat kekuningan, sementara sampel lainnya memperlihatkan dominasi warna merah gelap. Dari sisi pH, permen memiliki rentang pH 3,17 sampai dengan 3,99. Sementara itu, waktu larut permen berkisar 18,00 hingga 21,46 menit, dengan aktivitas antioksidan yang rendah (<5%). Berdasarkan hasil uji sensoris, FR3 memiliki skor hedonik tertinggi untuk atribut aroma, yaitu rasio fruktosa 30 g dan glukosa 80 g. Hasil ini memberikan implikasi industri yaitu formulasi FR3 dapat dipilih untuk pengembangan produk sucrose-free hard candy. Selain itu, studi ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan produk konfektioner fungsional berbasis bahan lokal serta strategi reformulasi produk dengan pemanis alternatif.

Kata kunci: cabe jamu; karakteristik; permen keras; pemanis

Abstract.

Hard candy is a popular confectionery product typically made from a mixture of sweeteners (commonly sucrose) and fruit extracts or food additives to modify flavour, colour, and texture. This study aimed to develop sucrose-free hard candy formulations using glucose and fructose blends supplemented with Javanese long pepper (*Piper retrofractum Vahl*) extracts. The evaluated characteristics included colour (RGB notation), pH, solubility time, antioxidant activity, and hedonic profile. The experiment followed a non-factorial Completely Randomised Design (CRD) consisting of different sweetener ratios (in gram): FR0 (sucrose:glucose, 60:50), FR1 (fructose:glucose, 40:70), FR2 (fructose:glucose, 35:75), and FR3 (fructose:glucose, 30:80), carried out at triplicates. Results showed that FR0 had a significantly higher RGB colour value (73,63) than FR1-FR3 (29,26-36,60). Visually, FR0 appeared brighter with a yellowish-brown in colour, whereas other samples exhibited a darker red dominance. The pH of candies ranged from 3.17 to 3.99, while solubility time varied between 18.00 and 21.46 min. Antioxidant activity remained low (<5%) while sensory evaluation revealed FR3 (30 g fructose:80 g glucose) as the most preferred formulation for aroma based on a hedonic test by untrained panellists. These findings carry significant industrial implications, suggesting that formulation FR3 can be selected for developing sucrose-free hard candy products, with colour modification to enhance visual appeal. Furthermore, this study is expected to contribute to the development of functional confectionery products utilising local ingredients and reformulation of products using alternative sweeteners.

Keywords: characteristics; hard candy, Javanese long pepper; sweeteners

1. PENDAHULUAN

Permen keras (*hard candy*) merupakan salah satu produk konfektioner yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Namun, sebagian besar produk permen

* Korespondensi Penulis
supriyanto@trunojoyo.ac.id

tradisional menggunakan sukrosa sebagai pemanis utama, yang dalam konsumsi berlebihan dapat berkontribusi terhadap berbagai masalah kesehatan, seperti obesitas, diabetes melitus, dan karies gigi. Fenomena ini mendorong permintaan akan produk permen sehat dengan karakteristik rendah kalori, indeks glikemik terkontrol, dan kandungan bioaktif. Oleh karena itu, pengurangan atau substitusi sukrosa dalam produk permen menjadi suatu kebutuhan mendesak seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pola hidup sehat (Faustino *et al.*, 2019; Konar *et al.*, 2022). Penggunaan pemanis alternatif seperti fruktosa dan glukosa dapat menjadi solusi, karena memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi sehingga memungkinkan pengurangan jumlah gula total tanpa mengorbankan rasa.

Beberapa penelitian terbaru telah mengembangkan permen bebas sukrosa dengan berbagai alternatif pemanis. Jeon *et al.* (2021) berhasil membuat formulasi sucrose-free *hard candy* dengan penambahan buah *Cudrania tricuspidata*. Permen dibuat dengan pemanis alternatif polyols: isomalt, maltitol, dan xylitol. Pemanis ini memberikan efek krusial pada mutu permen. Hasil optimasi diperoleh sebagai berikut: isomalt 90,21%, maltitol 8,63% dan xylitol 1,16%, dengan desirability 0,894. Sementara Im *et al.* (2024) membuat permen xylitol dengan penambahan buah *Citrus junos* dan berhasil meningkatkan nilai antioksidan. Steviol glycosides dan sorbitol juga dapat dipakai menggantikan sukrosa (Šeremet *et al.*, 2020). Selain itu, *sucrose-free hard candy* juga pernah diteliti dan efek antimikroba terhadap *Streptococcus mutans* juga dilakukan (Supriyanto, Mojiono, & Ambarwati, 2023). Riset lainnya menggabungkan ekstrak jahe serta rasio glukosa dan fruktosa pada sucrose-free *hard candy* oleh Supriyanto *et al.* (2023). Kendati telah banyak dilakukan, riset-riset ini belum mengkaji lebih detail kombinasi pemanis alternatif (misal glukosa dan fruktosa) pada karakteristik fisikokimia permen. Penelitian tentang interaksi antara pemanis alternatif dengan ekstrak herbal juga masih terbatas.

Formulasi permen memegang peranan krusial dalam menentukan karakteristik akhir produk, termasuk tekstur, stabilitas, rasa, dan warna. Karena gula atau bahan pemanis seringkali menjadi bahan utama, pemilihan bahan ini menjadi sangat krusial dan menentukan produk permen. Misalnya sukrosa, bahan ini tidak hanya berfungsi sebagai pemanis, tetapi memberikan efek "bulky" pada permen. Pada *rock candy*, sukrosa berada dalam wujud kristalin, yang memberi sedikit warna dan

flavor, namun membuat permen keras sehingga lama di mulut. Sebaliknya, dalam bentuk glassy, sukrosa akan menciptakan produk *cotton candy*, dengan distribusi warna dan *flavor* yang kuat namun cepat meleleh di mulut (Hartel *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, penggantian sukrosa dengan kombinasi pemanis lain, seperti fruktosa dan glukosa, memerlukan pendekatan yang cermat untuk memastikan produk tetap memiliki sifat organoleptik dan fisikokimia yang diinginkan. Selain itu, penambahan bahan fungsional seperti ekstrak tanaman dapat meningkatkan nilai tambah produk, termasuk potensi aktivitas antioksidan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif produk permen yang lebih sehat tanpa mengorbankan kualitas sensori, sekaligus memanfaatkan potensi bahan lokal seperti cabe jamu (*Piper retrofractum Vahl*) sebagai sumber senyawa bioaktif dan bahan produk herbal (Junairiah *et al.*, 2020). Cabe jamu (*Piper retrofractum Vahl*) sebagai bahan suplemen memiliki peluang besar karena komponen piperin dan turunannya yang bersifat antioksidan dan hepatoprotektif (Salleh & Ahmad, 2020), antidiabetes (Indarto & Supriyanto, 2021), karakteristik sensori yang khas dengan aroma pedas hangat, serta potensi sebagai pengawet alami melalui mekanisme antimikroba (Salleh *et al.*, 2020). Penelitian Salleh *et al.* (2020) memperlihatkan efek antimikroba dari amida dan lignan pada cabe jamu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan formulasi permen keras bebas sukrosa menggunakan kombinasi optimal fruktosa-glukosa dengan suplementasi ekstrak cabe jamu serta mengevaluasi pengaruh formulasi terhadap karakteristik fisikokimia (warna, pH, waktu larut) dan aktivitas antioksidan, serta menganalisis profil sensori produk. Hasil studi ini dapat menjadi referensi bagi industri pangan dalam pengembangan produk konfeksioneri yang lebih rendah gula namun tetap disukai konsumen.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan

Cabe jamu kering diperoleh dari daerah Bluto, Kabupaten Sumenep. Untuk menjaga konsistensi bahan, cabe jamu disimpan di dalam wadah sampel dan disimpan di tempat kering. Pemanis (sukrosa, glukosa, fruktosa) diperoleh dari pemasok bahan

kimia dengan spesifikasi *food grade*, sementara DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) berasal dari Sigma-Aldrich.

2.2. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Formulasi permen mengikuti ketentuan berikut: FR0 dengan formulasi menggunakan sukrosa:glukosa (60:50); FR1 dengan fruktosa:glukosa (40:70); FR2 (34:75); dan FR3 (30:80). Setiap formulasi dibuat dengan penambahan air (15 g) dan ekstrak cabe jamu (10 g), sehingga total bahan mencapai 135 g. Formulasi *hard candy* diperoleh dari riset sebelumnya (Supriyanto, Mojiono, & Dewi, 2023) dengan modifikasi (Tabel 1).

Tabel 1. Formulasi sampel berdasarkan jumlah komponen (dalam satuan gram)

Komponen	FR0	FR1	FR2	FR3
Sukrosa (g)	60	0	0	0
Fruktosa (g)	0	40	35	30
Glukosa (g)	50	70	75	80
Air (g)	15	15	15	15
Ekstrak cabe jamu (g)	10	10	10	10
Total (g)	135	135	135	135

2.3. Pembuatan Sampel

Cabe jamu kering dihancurkan dengan blender elektrik untuk menghasilkan serbuk untuk proses ekstraksi. Ekstrak cabe jamu dibuat dengan metode infusa. Untuk pembuatan sampel, *hard candy* dibuat dengan metode *heating*, mengacu pada penelitian (Supriyanto, Mojiono, & Dewi, 2023). Semua bahan ditimbang sesuai formulasi (Tabel 1). Bahan pemanis dicampur dengan akuades hingga homogen di dalam *beaker glass* dan diletakkan di atas pemanas. Campuran bahan dipanaskan hingga suhu 145 °C. Setelah suhu tercapai, ekstrak cabe jamu dimasukkan. Kondisi ini dipertahankan dan dilanjutkan pemanasan selama 4 menit. Penambahan ekstrak sengaja dilakukan paling akhir untuk mengurangi risiko degradasi mutu komponen kimia akibat proses termal. Proses pemasakan dilakukan dengan menggunakan minyak goreng sebagai media panas. Selanjutnya, campuran yang sudah dimasak dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan pada suhu ruang hingga mengeras.

2.4. Analisis Sampel

Pengujian pH menggunakan alat pH meter (Gresinger GPH 014). Sampel sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam gelas ukur dan dilarutkan dalam akuades dengan cara diaduk secara terus-menerus menggunakan spatula, kemudian pH diukur. Sementara itu, waktu larut ditentukan dengan menghitung lama waktu sampel (± 2 g) larut sempurna saat dipanaskan di atas *hotplate* dengan *magnetic stirrer* (Cimarec sp88857105), mengacu metode (Supriyanto, Mojiono, & Ambarwati, 2023).

Analisis antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl). Secara ringkas, larutan stok DPPH dibuat dan diencerkan dengan berbagai konsentrasi. Kemudian, larutan blanko dibuat dengan cara menimbang 2 mL metanol kemudian ditambahkan dengan 1 mL DPPH. Langkah selanjutnya, untuk pengujian sampel, larutan sampel dicampur dengan 2 mL larutan DPPH kemudian dilakukan pengadukan hingga larut sempurna menggunakan vortex. Absorbansi sampel dan blanko dicek menggunakan spektrofotometer UV-VIS (Shimadzu UV-2700) pada panjang gelombang 517 nm. Nilai aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen (%) inhibisi, yang menunjukkan seberapa banyak radikal bebas yang berhasil distabilisasi. Nilai % inhibisi dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}}$$

Warna sampel dinyatakan dalam sistem RGB. Sampel difoto dengan kamera Canon EOS 1300D KIT di dalam *photobox*. Jarak sampel – kamera dipertahankan konstan ± 45 cm, dengan penerangan dari lampu LED putih 10 Watt. File foto kemudian ditransfer ke laptop dan dianalisis dengan software Image J. Untuk profil sensoris, sebanyak 30 orang panelis tidak terlatih (*untrained panelists*) dilibatkan untuk memberikan tingkat kesukaan mereka pada atribut mutu permen (rasa, aroma, tekstur, warna, keseluruhan). Skala hedonik yang dipakai adalah 1-5, dengan skor 1 bermakna sangat tidak suka dan skor 5 yang bermakna sangat suka.

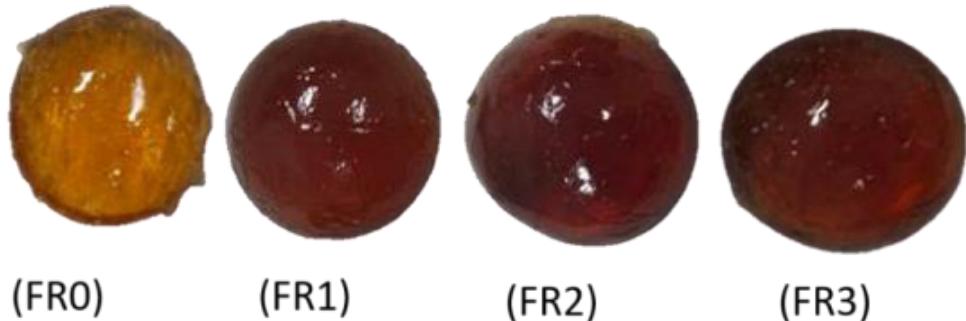
2.5. Analisis Statistik

Data diuji menggunakan One-Way ANOVA (*Analysis of Variance*) pada aplikasi SPSS 22 dilanjutkan dengan Tukey test dengan signifikansi $P < 0.05$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Warna

Gambar 1 memperlihatkan tampilan visual *sucrose-free hard candy* dari empat formulasi. Sekilas, Sampel FR0 memperlihatkan warna yang berbeda dari pada sampel lainnya. Permen FR0 terlihat lebih cerah dengan kombinasi warna coklat kekuningan, sementara permen FR1, FR2 dan FR3 memperlihatkan dominasi warna merah gelap. Hal menjadi indikasi bahwa komposisi pemanis dapat memberikan efek berbeda pada warna sampel.



Gambar 1. Tampilan visual *sucrose-free hard candy*

Secara kuantitatif, perbedaan warna dinyatakan dalam sistem notasi warna RGB (Red Green Blue), seperti pada Tabel 2. Secara umum, nilai RGB sampel berbeda nyata antar perlakuan ($P<0.05$). Hasil analisis warna menggunakan sistem RGB menunjukkan variasi yang menarik antar formulasi permen (Tabel 2). Formulasi FR0 yang mengandung sukrosa menampilkan nilai RGB total tertinggi ($73,63 \pm 3,66$) dengan komponen merah ($R=159,247$), hijau ($G=119,265$), yang paling tinggi dibandingkan sampel lainnya, menghasilkan warna coklat kekuningan yang cerah. Pola ini sesuai dengan temuan dengan konsep yang melaporkan bahwa sukrosa cenderung menghasilkan intensitas pencoklatan (*browning*) yang lebih rendah dari pada fruktosa pada reaksi karamelisasi di suhu 150°C (Zadeh *et al.*, 2020).

Sebaliknya, formulasi tanpa sukrosa (FR1-FR3) menunjukkan pola warna yang berbeda secara signifikan. Nilai RGB total lebih rendah (29,26-36,60). Komponen merah ($R=70,035-84,151$) dominan dibanding hijau dan biru, dengan warna visual cenderung merah gelap. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh dua faktor, yaitu reaksi Maillard antara komponen pemanis / gula dengan komponen lainnya. Selain itu, pigmen alami dalam ekstrak cabe jamu bisa berpotensi memberikan efek kromogenik.

Kromogenik merujuk pada sifat senyawa kimia yang mampu menghasilkan warna (pigmen) atau mengalami perubahan warna akibat reaksi kimia tertentu.

3.2. Nilai pH

Dari sisi pH, nilai berkisar antara 3,17 hingga 3,99 dan berbeda secara nyata. Secara umum, nilai pH berada di bawah 4,0 pada semua sampel, yang mungkin dipersepsikan memiliki rasa asam yang lebih kuat dibandingkan permen atau produk sejenis lain dengan pH yang lebih tinggi. Analisis pH menunjukkan semua formulasi bersifat asam (pH 3,17-3,99), dengan pola yang menarik FR0 (sukrosa) paling asam (pH 3,17), FR2 dan FR3 (rasio fruktosa tinggi) lebih tinggi (pH 3,95-3,99). Kendati tidak ada standar baku untuk jenis permen ini, rentang pH sampel bisa dibandingkan dengan riset-riset sebelumnya untuk bahan evaluasi. Nilai pH permen keras dilaporkan berada pada rentang 6,15 – 6,42 (Hapsari *et al.*, 2023). Mereka mengembangkan formulasi *hard candy* dengan campuran minyak atsiri kemangi 0,3%, ekstrak daun kelor (10-40 mL), air (10-40 mL), gula pasir 75 g dan sirup glukosa 25 g.

Tabel 2. Nilai warna RGB dan pH sampel

Formulasi	R	G	B	Warna RGB	pH
FR0	159,247	119,265	12,092	73,63 ± 3,66 ^b	3,17 ± 0,075 ^a
FR1	84,151	27,163	16,476	29,26 ± 2,01 ^a	3,41 ± 0,265 ^a
FR2	81,918	32,521	16,297	36,60 ± 5,70 ^a	3,95 ± 0,144 ^b
FR3	70,035	29,332	20,423	33,94 ± 5,43 ^a	3,99 ± 0,723 ^b

Keterangan : Superskrip pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada $P < 0,05$.

3.3. Waktu Larut

Hasil penelitian menunjukkan variasi waktu larut dan aktivitas antioksidan pada keempat formulasi permen (Tabel 3). Waktu larut permen meningkat seiring dengan penurunan proporsi sukrosa dalam formulasi. Formulasi FR0 (sukrosa:glukosa 60:50) menunjukkan waktu larut tercepat ($18,00 \pm 0,00$ menit), berbeda signifikan ($p < 0,05$) dengan formulasi tanpa sukrosa (FR1-FR3: 20,00–21,67 menit). Hal ini sesuai dengan laporan Hartel *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa sukrosa dapat menghasilkan matriks amorf lebih homogen sehingga lebih cepat larut dibandingkan kombinasi fruktosa-glukosa. Aktivitas antioksidan seluruh formulasi tergolong rendah (<5%), tanpa perbedaan signifikan ($p > 0,05$) antar perlakuan. Nilai

tertinggi ditunjukkan oleh FR0 ($4,366 \pm 1,607\%$), sedangkan formulasi tanpa sukrosa (FR1-FR3) memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah (1,258–2,279%). Sebetulnya, nilai antioksidan hasil riset ini kurang konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya oleh Zadeh *et al.* (2020). Mereka membandingkan antioksidan produk karamel dari empat jenis gula (fruktosa, maltosa, glukosa, dan sukrosa) pada berbagai pH dan waktu pemasakan. Hasilnya, nilai antioksidan (pakai metode DPPH) dari produk karamel fruktosa lebih besar dibandingkan gula lainnya, diukur pada pH 10 selama 80 menit pemasakan pada suhu 150 °C. Riset oleh Zadeh *et al.* (2020) ini mengonfirmasi aktivitas antioksidan karamel bergantung pada jenis gula dan pH. Pada eksperimen ini, rendahnya aktivitas antioksidan diduga karena degradasi termal senyawa bioaktif selama proses pembuatan permen (suhu $>140^{\circ}\text{C}$).

3.4. Aktivitas Antioksidan

Nilai antioksidan pada riset ini berbeda dari hasil riset sebelumnya dan upaya perbaikan menjadi sangat diperlukan. Persentase inhibisi jauh lebih kecil dari pada riset sebelumnya (Hapsari *et al.* 2023) yang mendapatkan aktivitas antioksidan 20,91 hingga 23,91% pada permen keras dengan tambahan kemangi dan kelor. Dengan demikian, penambahan komponen sumber antioksidan bisa membantu memperkuat sifat inhibisi radikal bebas, sebagaimana dilaporkan oleh Im *et al.* (2024). Penambahan kulit (*peel*) atau jus (*pulp*) dari buah *Citrus junos* dapat meningkatkan antioksidan permen xylitol, dari 2,35% (kontrol, tanpa penambahan buah) menjadi 93,83% (dengan penambahan kulit *Citrus junos*).

Berkaitan dengan antioksidan, berbagai upaya potensial dapat dilakukan untuk menghasilkan produk *hard candy* dengan persentase inhibisi yang lebih kuat. Eksplorasi enkapsulasi ekstrak cabe jamu dapat dilakukan untuk mempertahankan aktivitas antioksidan dan bioaktivitas lainnya selama proses produksi pada suhu tinggi. Antioksidan alami bisa menekan efek buruk dari komponen sintetis, dan teknologi nanoenkapsulasi tidak hanya bisa mempertahankan bioaktivitas senyawa alami, tapi juga meningkatkan efisiensi penggunaannya (Pisoschi *et al.*, 2018).

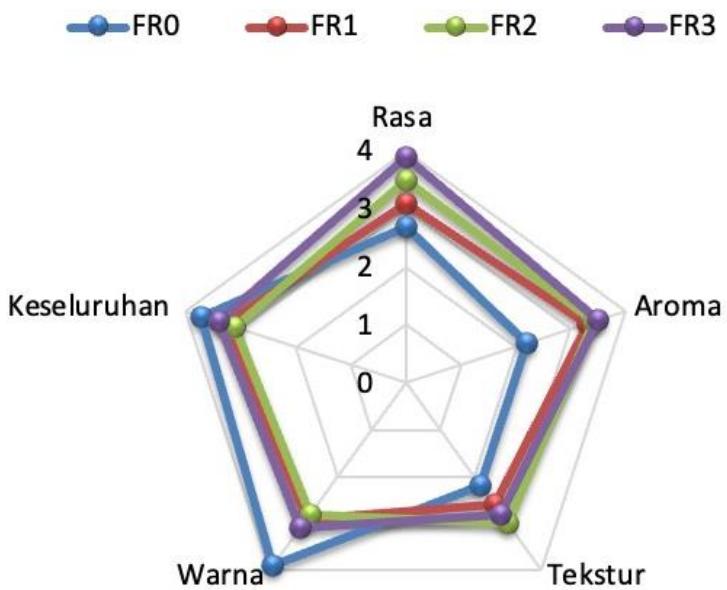
Tabel 3. Nilai waktu larut dan persentase inhibisi

Formulasi	Waktu larut (menit)	Aktivitas Antioksidan (%)
FR0	18,00 ± 0,00 ^a	4,366 ± 1,607
FR1	20,00 ± 0,577 ^b	2,046 ± 2,375
FR2	20,33 ± 1,000 ^b	1,258 ± 3,228
FR3	21,67 ± 0,577 ^b	2,279 ± 2,667

Keterangan: Superskrip pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada $P < 0,05$.

3.5. Profil Hedonik

Gambar 2 menunjukkan hasil evaluasi sensoris empat formulasi permen keras (FR0-FR3) berdasarkan atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan keseluruhan (overall). Berikut analisis mendalam untuk setiap parameter. Dari sisi warna, formulasi tidak memberikan perbedaan signifikan pada skor kesukaan warna. FR0 (sukrosa:glukosa) memperoleh skor tertinggi (3,93), sesuai dengan data RGB sebelumnya yang menunjukkan tampilan paling cerah. FR1-FR3 (bebas sukrosa) cenderung mendapat skor lebih rendah akibat warna merah gelap yang kurang menarik secara visual. Implikasi dari formulasi ini adalah konsumen lebih menyukai penampilan permen cerah, meskipun warna gelap pada FR1-FR3 berasal perubahan komposisi pemanis. Selanjutnya, aroma menjadi satu-satunya atribut mutu yang berbeda nyata antar pelakuan ($P < 0,05$). FR3 (fruktosa:glukosa 30:80) mendominasi dengan skor aroma tertinggi (3,53), diduga karena komponen volatil piperin dalam ekstrak cabe jamu lebih terasa. Selain itu, rasio fruktosa tinggi (30g) mungkin memicu reaksi tertentu yang menghasilkan aroma khas yang disukai panelis.



Gambar 2. Profil hedonik *hard candy* pada atribut rasa, aroma, tekstur, warna dan keseluruhan.

Hasil uji sensoris membuktikan bahwa formulasi tidak memberikan dampak nyata terhadap rasa dan tekstur, begitu juga dengan penilaian secara keseluruhan. Dari aspek rasa, formulasi tidak memberikan pengaruh signifikan pada atribut rasa (*taste*). Skor rasa FR3 menjadi yang tertinggi (3,90), sementara FR 2 dan FR1 masing memperoleh skor 3,53 dan 3,06. FR0 mendapat skor terendah, yaitu 1,93. Secara sederhana, formulasi FR3 menunjukkan kombinasi fruktosa-glukosa (30:80) yang memberikan kemanisan optimal dan paling disukai oleh panelis. Sama dengan rasa, atribut tekstur juga tidak berbeda nyata antar perlakuan. Semua formulasi memiliki skor tekstur serupa, dalam rentang 2,26 (FR0) dan 3,00 (FR2). Hasil ini mengindikasikan bahwa substitusi sukrosa tidak mengubah kekerasan produk secara signifikan. Berikutnya, secara keseluruhan (*overall*), nilai berkisar antara 3,16 (FR2) dan 3,76 (FR0) dan tidak dipengaruhi oleh formulasi.

Upaya meningkatkan mutu sensoris dapat dilakukan dengan suplementasi minyak atsiri (*essential oils*). Maryati *et al.* (2023) menambahkan ekstrak biji pala (*Myristica argentea* Warb.) pada formulasi permen keras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri biji pala pada permen keras memberikan pengaruh yang nyata ($p<0,05$) terhadap tingkat kesukaan pada parameter aroma dan rasa dan tidak memberikan pengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap tingkat kesukaan pada parameter warna dan tekstur. Hasil nilai efektivitas

menunjukkan formula terbaik permen keras dengan penambahan konsentrasi minyak atsiri biji pala sebanyak 2% (v/v) dengan nilai kesukaan warna yaitu 5,46 (mendekati suka), aroma yaitu 6,30 (mendekati sangat suka), rasa yaitu 6,46 (mendekati sangat suka), dan tekstur yaitu 5,77 (mendekati suka). Selain itu, *pulp* dan kulit *Citrus junos* ditambahkan pada formulasi permen untuk meningkatkan profil sensoris (Im *et al.*, 2024) Atribut mutu flavor, warna dan tekstur pada produk *confectionery* menjadi faktor kritis bagi daya terima konsumen, sehingga interaksi antara proses dan bahan harus dipahami dengan baik oleh industri (Gunes *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menghasilkan sejumlah implikasi industri dan peluang riset selanjutnya (*research gaps*). Dari aspek kesehatan, permen dengan manfaat kesehatan akan lebih mudah diterima masyarakat saat ini, terutama dengan peningkatan kesadaran masyarakat pada produk fungsional. Penambahan ekstrak cabe jamu sebetulnya bisa diandalkan untuk memberikan manfaatkan tersebut. Akan tetapi, kajian efektivitasnya perlu dilakukan lebih dalam, mulai dari metode ekstraksi hingga takaran optimum pada formulasi permen. Dari sisi profil sensoris, formulasi FR3 bisa dipertahankan untuk pengembangan produk, tetapi perlu mempertimbangkan penyesuaian warna jika target pasar lebih menyukai penampilan yang cerah. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji pada panelis terlatih atau panelis dengan skala lebih besar untuk memvalidasi preferensi pada atribut mutu permen, terutama aroma, warna dan rasa. Selain itu, penggunaan *electronic tongue* juga dapat dipertimbangkan untuk dimanfaatkan untuk eksplorasi sensoris produk *sucrose-free hard candies*, seperti yang dilakukan pada permen xylitol (Im *et al.*, 2024). Pada riset Im *et al.* (2024), sebanyak 5 g sampel permen dilarutkan pada 100 mL akuades dan diaduk pada suhu 60 °C selama 1 jam. Rasa dari larutan sampel kemudian diukur secara kuantitatif dengan bantuan *electronic tongue* yang dilengkapi dengan sensor *potentiometric*. Metode ini mampu mendeteksi 5 atribut rasa dengan baik, yaitu *sourness*, *sweetness*, *saltiness*, *umami*, dan *bitterness*.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa substitusi sukrosa dengan kombinasi fruktosa-glukosa (terutama formulasi FR3; 30:80) menghasilkan permen keras dengan penerimaan sensoris terbaik dari sisi aroma, dengan waktu larut lebih lama (21,67 menit) dibandingkan formulasi sukrosa (FR0; 18,00 menit). Dari karakteristik

fisikokimia, formulasi FR0 memberikan warna paling cerah, sedangkan formulasi FR1-FR3 memiliki warna merah gelap dan cenderung gelap. Nilai pH meningkat seiring penurunan sukrosa, dengan nilai keseluruhan berada rentang pH 3,17 sampai dengan 3,99. Nilai aktivitas antioksidan semua formulasi termasuk rendah (<5%), menunjukkan perlunya optimasi suhu proses atau penambahan sumber antioksidan lain untuk meningkatkan nilai fungsional. Implikasi Industri dapat diuraikan bahwa formulasi FR3 berpotensi dikembangkan sebagai produk permen fungsional bebas sukrosa (sucrose-free hard candy), dengan catatan perlu modifikasi warna untuk meningkatkan daya tarik visual. Oleh karena itu, riset selanjutnya dilakukan untuk meningkatkan tampilan visual antara lain dengan penambahan ingredien lain sebagai sumber warna. Selain itu, perbaikan juga dilakukan untuk meningkatkan aktivitas antioksidan produk, sehingga memiliki antioksidan yang lebih kuat. Pengujian antioksidan juga sebaiknya dilakukan dengan berbagai metode sebagai pembanding.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ayu Hapsari, N., Yudhistira, B., & Utami, R. (2023). Karakteristik *hard candy* minyak atsiri daun kemangi dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*). Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 17(1), 159–168. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i1.10789>
- Faustino, M., Veiga, M., Sousa, P., Costa, E. M., Silva, S., & Pintado, M. (2019). Agro-food byproducts as a new source of natural food additives. In *Molecules* (Vol. 24, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules24061056>
- Gunes, R., Palabiyik, I., Konar, N., & Said Toker, O. (2022). Soft confectionery products: Quality parameters, interactions with processing and ingredients. *Food Chemistry*, 385, 132735. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132735>
- Hartel Richard W, von Elbe, J. H., & Hofberger Randy. (2018). Physico-chemical Properties of Sweeteners in Confections. In *Confectionery Science and Technology* (pp. 39–67). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_2
- Im, J. H., Lee, M. K., & Lee, H. I. (2024). Physicochemical and Sensory Properties and Antioxidant Activity of Xylitol Candies Containing Yuja (*Citrus junos*) Peels or Pulp. *Foods*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/foods13152396>

- Indarto, C., & Supriyanto, S. (2021). Active Compounds Prediction of Cabe Jamu (*Piper Retrofractum*) As Anti Diabetic Agent. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1206–1212. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.12317>
- Jeon, Y., Oh, J., & Cho, M. S. (2021). Formulation optimization of sucrose-free *hard candy* fortified with *cudrania tricuspidata* extract. *Foods*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102464>
- Junairah, Amalia, S. E., Ni'matuzahroh, & Nurhariyati, T. (2020). Identification of phytocemical compounds in ethanol and n-hexane leaf extracts of *Piper retrofractum Vahl*. by gas chromatography mass spectrometry. *Moroccan Journal of Chemistry*, 8(S1), 32–37. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079011943&partnerID=40&md5=51f3fdd3e702189c7ef65adf27a4288b>
- Konar, N., Gunes, R., Palabiyik, I., & Toker, O. S. (2022). Health conscious consumers and sugar confectionery: Present aspects and projections. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 57–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.001>
- Maryati, M., Suloi, A. F., & Kuliahnsari, D. E. (2023). Karakteristik Organoleptik Permen Keras dengan Penambahan Minyak Atsiri Biji Pala (*Myristica argentea* Warb.). *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 6(1), 2023.
- Ozel, B., Kuzu, S., Marangoz, M. A., Dogdu, S., Morris, R. H., & Oztop, M. H. (2024). *Hard candy* Production and Quality Parameters: A review. *Open Research Europe*, 4. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.16792.1>
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Cimpeanu, C., Turcuş, V., Predoi, G., & Iordache, F. (2018). Nanoencapsulation techniques for compounds and products with antioxidant and antimicrobial activity - A critical view. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 157, 1326–1345. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2018.08.076>
- Salleh, W. M. N. H. W., & Ahmad, F. (2020). Phytopharmacological investigations of *Piper retrofractum Vahl*. – A review. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 85(3), 193–202. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85093891731&partnerID=40&md5=1abb2977c9126cec6410f428382ea113>

- Salleh, W. M. N. H. W., Hashim, N. A., Fabarani, N. P., & Ahmad, F. (2020). Antibacterial activity of constituents from *Piper retrofractum Vahl*. and *piper arborescens roxb.* *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 85(3), 269–280. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85093885891&partnerID=40&md5=b73836fe740e9c6128beaff33c24215e>
- Šeremet, D., Mandura, A., Cebin, A. V., Martinić, A., Galić, K., & Komes, D. (2020). Challenges in confectionery industry: Development and storage stability of innovative white tea-based candies. *Journal of Food Science*, 85(7), 2060–2068. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.15306>
- Supriyanto, S., Mojiono, M., & Ambarwati, Y. (2023). Supplementation of Javanese Long Pepper Extracts into Sucrose-Free Hard candy for Improving Antibacterial Activity against *Streptococcus mutans*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1182(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1182/1/012059>
- Supriyanto, S., Mojiono, M., & Dewi, M. W. P. (2023). Efek Penambahan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale Rosc.*) Serta Rasio Glukosa dan Fruktosa Pada Sucrose-Free Hard Candy. *Rekayasa*, 16(2), 122–131. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.20158>
- Zadeh, R. S., Rad, A. H. E., & Armin, M. (2020). Study of caramelization conditions and sugar type on browning intensity and reducing and antioxidant properties of produced caramel. *12(3)*, 1–9. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203394562>