



PENGARUH SUHU PEMANGGANGAN TERHADAP KARAKTERISTIK SENSORIK *COOKIES GLUTEN-FREE* BERBAHAN TEPUNG SINGKONG

*Jessica Joanne Japira¹, Ivy Dian Puspitasari Prabowo², Tjhing Man Lie³

^{1,2,3}Program Studi Seni Kuliner, Akademi Sages, 67156, Indonesia

*E-mail Korespondensi: jessicajapira7355@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan produk *cookies gluten-free* masih menghadapi tantangan dalam mencapai mutu sensorik yang optimal akibat ketiadaan gluten sebagai pembentuk struktur adonan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu pemanggangan terhadap karakteristik sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, meliputi tekstur, warna, aroma, dan rasa. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan rancangan acak lengkap satu faktor, yaitu suhu pemanggangan sebesar 140 °C, 160 °C, dan 180 °C, dengan waktu pemanggangan dikendalikan selama 20 menit. Evaluasi sensorik dilakukan menggunakan uji hedonik skala 1–5 oleh 30 panelis tidak terlatih. Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) satu arah dan uji lanjut Tukey HSD pada taraf signifikansi 5%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu pemanggangan berpengaruh signifikan terhadap seluruh atribut sensorik yang diamati ($p < 0,05$). *Cookies* yang dipanggang pada suhu 180 °C menunjukkan tingkat kesukaan tekstur tertinggi (3,6), tetapi disertai penurunan signifikan pada atribut warna (2,3), aroma (3,0), dan rasa (2,4). Sebaliknya, suhu pemanggangan 160 °C menghasilkan nilai sensorik yang lebih seimbang dengan skor warna tertinggi (4,2), aroma (3,7), dan rasa (3,4), serta tingkat kesukaan tekstur yang relatif tinggi (3,3). Suhu pemanggangan 140 °C menghasilkan skor tekstur terendah (2,6) dan warna yang relatif kurang menarik (3,3). Berdasarkan integrasi hasil tersebut, suhu pemanggangan 160 °C direkomendasikan sebagai kondisi paling mendekati optimum untuk menghasilkan *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong dengan mutu sensorik yang seimbang dan tingkat penerimaan konsumen yang lebih tinggi.

Kata Kunci: Cookies Gluten-Free; Sensorik; Suhu Pemanggangan; Tepung Singkong

ABSTRACT

The development of *gluten-free cookies* has continued to face challenges in achieving optimal sensory quality due to the absence of gluten as a structural-forming component in dough systems. This study aimed to analyze the effect of baking temperature variations on the sensory characteristics of *gluten-free cookies* made from cassava flour, including texture, color, aroma, and taste. The study was conducted using a quantitative experimental approach with a one-factor completely randomized design, namely baking temperatures of 140 °C, 160 °C, and 180 °C, while baking time was controlled at 20 minutes. Sensory evaluation was carried out using a 5-point hedonic scale by 30 untrained panelists. The data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's HSD test at a 5% significance level. The ANOVA results indicated that baking temperature significantly affected all observed sensory attributes ($p < 0.05$). Cookies baked at 180 °C exhibited the highest texture acceptability score (3.6), but this was accompanied by significant decreases in color (2.3), aroma (3.0), and taste (2.4) scores. In contrast, cookies baked at 160 °C produced a more balanced sensory profile, with the highest scores for color (4.2), aroma (3.7), and taste (3.4), as well as relatively high texture acceptability (3.3). Cookies baked at 140 °C resulted in the lowest texture score (2.6) and relatively less appealing color (3.3). Based on the integrated sensory results, a baking temperature of 160 °C was recommended as the most optimal condition for producing cassava flour-based *gluten-free cookies* with balanced sensory quality and higher consumer acceptance.

Keywords: Baking Temperature; Cassava Flour; Gluten-Free Cookies; Sensory Evaluation

This is an open-access article under the CC-BY-SA license.



PENDAHULUAN

Peningkatan kesadaran konsumen terhadap kesehatan serta kebutuhan diet khusus, terutama pada penderita penyakit celiac dan individu dengan sensitivitas gluten *non-celiac*, telah mendorong berkembangnya pasar produk pangan bebas gluten, termasuk produk *bakery*. Namun demikian, pengembangan produk *bakery gluten-free* masih menghadapi tantangan mendasar, khususnya dalam pencapaian mutu fisik dan sensorik yang sebanding dengan produk berbasis tepung gandum. Ketiadaan gluten sebagai komponen pembentuk jaringan viskoelastis menyebabkan adonan *gluten-free* cenderung memiliki struktur yang kurang stabil, tekstur yang lebih rapuh, serta profil aroma dan rasa yang berbeda, yang pada akhirnya berdampak pada tingkat penerimaan konsumen (Gallagher et al., 2004; Marco & Rosell, 2008). Permasalahan ini telah dibahas secara komprehensif dalam kajian sistematis produk *bakery* bebas gluten, yang menegaskan bahwa pengendalian formulasi dan proses merupakan faktor kunci dalam mengompensasi fungsi gluten yang hilang (Arendt & Dal Bello, 2008).

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan sumber umbi tropis yang berpotensi besar sebagai bahan baku tepung *gluten-free* karena ketersediaannya yang melimpah, kandungan pati yang tinggi, serta sifatnya yang bebas gluten. Dalam sistem *bakery gluten-free*, pati singkong berperan utama dalam pembentukan struktur produk melalui mekanisme gelatinisasi dan interaksi dengan air serta lemak selama pemanggangan. Namun, karakteristik fungsional pati singkong berbeda secara signifikan dari gluten, terutama dalam hal kemampuan membentuk jaringan elastis, sehingga kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh bagaimana parameter proses termal dikendalikan. Pada sistem berbasis pati, perubahan suhu pemanggangan dapat memicu transformasi fisik dan kimia yang kompleks, yang secara langsung memengaruhi tekstur, stabilitas struktur, dan karakter sensorik produk (Schober, 2009; BeMiller, 2011).

Pada produk *cookies*, tahap pemanggangan merupakan proses kritis yang menentukan pembentukan sifat sensorik akhir. Suhu pemanggangan memengaruhi terjadinya reaksi pencoklatan *non-enzimatis*, terutama reaksi Maillard dan karamelisasi gula, yang berkontribusi terhadap pembentukan warna cokelat, kompleksitas rasa, serta senyawa volatil penyusun aroma. Selain itu, suhu pemanggangan mengendalikan perubahan fisik pati, termasuk gelatinisasi, penguapan air, dan pembentukan porositas, yang sangat menentukan sifat tekstur seperti kerapuhan dan kerenyahan *cookies*. Dalam produk *gluten-free* yang tidak memiliki matriks gluten, perubahan struktur akibat pemanasan berlangsung lebih cepat dan sensitif terhadap variasi suhu, sehingga pengendalian suhu pemanggangan menjadi faktor yang sangat krusial dalam menentukan mutu akhir produk (Purlis, 2010; Pareyt et al., 2009).

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mutu sensorik produk *bakery gluten-free* sangat dipengaruhi oleh interaksi antara bahan berbasis pati dan kondisi pemanggangan. Gallagher et al. (2004) serta Marco & Rosell (2008) melaporkan bahwa perubahan kecil dalam kondisi proses dapat menghasilkan perbedaan nyata pada tekstur, kerenyahan, dan persepsi flavor produk *gluten-free*. Temuan-temuan tersebut diperkuat oleh kajian Schober (2009), yang menekankan bahwa pada sistem *bakery* berbasis pati, pengendalian proses termal memiliki peran yang lebih dominan dibandingkan pada produk berbasis gluten. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut membahas pengaruh suhu pemanggangan sebagai bagian dari interaksi multivariat dalam formulasi yang kompleks, sehingga kajian yang secara khusus memfokuskan suhu pemanggangan sebagai variabel proses tunggal terhadap atribut sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong masih relatif terbatas.

Berdasarkan *research gap* tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu pemanggangan terhadap atribut sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, meliputi tekstur, warna, aroma, dan rasa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat

memberikan dasar ilmiah yang lebih jelas dalam pengendalian suhu pemanggangan serta mendukung pengembangan produk *cookies gluten-free* berbasis bahan lokal dengan mutu sensorik yang lebih seimbang dan dapat diterima oleh konsumen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu suhu pemanggangan. Perlakuan suhu terdiri atas tiga taraf, yaitu 140 °C, 160 °C, dan 180 °C, yang diuji pengaruhnya terhadap karakteristik sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, meliputi tekstur, warna, aroma, dan rasa. *Cookies* diformulasikan menggunakan tepung singkong sebagai bahan utama dan dipanggang pada masing-masing suhu perlakuan dengan durasi pemanggangan yang sama (20 menit). Setelah pemanggangan, *cookies* didinginkan pada suhu ruang sebelum dilakukan pengujian sensorik. Evaluasi sensorik dilakukan menggunakan uji hedonik dengan melibatkan 30 panelis tidak terlatih. Panelis diminta menilai tingkat kesukaan terhadap tekstur, warna, aroma, dan rasa menggunakan skala hedonik 1-5 (1 = sangat tidak suka hingga 5 = sangat suka), sesuai dengan metode evaluasi sensori konsumen (Stone & Sidel, 2004; ISO 11136:2014). Data hasil uji hedonik dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA) satu arah. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji Tukey HSD untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan (Lawless & Heymann, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu Pemanggangan terhadap Karakteristik Sensorik Cookies Gluten-Free

Evaluasi sensorik dilakukan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh variasi suhu pemanggangan terhadap mutu sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong. Empat atribut utama: tekstur, warna, aroma, dan rasa, dipilih karena mewakili dimensi kritis penerimaan konsumen terhadap produk *bakery*, khususnya pada formulasi tanpa gluten yang memiliki karakteristik struktural dan sensori yang berbeda dibandingkan produk konvensional berbasis terigu.

Hasil analisis ANOVA satu arah (**Tabel 1**) menunjukkan bahwa suhu pemanggangan memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap seluruh atribut sensorik yang diamati. Hasil ini menegaskan bahwa suhu pemanggangan merupakan variabel proses yang sangat menentukan kualitas akhir *cookies gluten-free*. Perbedaan antarperlakuan kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Tukey HSD, dengan ringkasan nilai rata-rata dan kelompok signifikansi disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil ANOVA Satu Arah Pengaruh Suhu Pemanggangan Terhadap Atribut Sensorik

Atribut Sensorik	Nilai p	Keterangan
Tekstur	< 0,05	Berbeda nyata
Warna	< 0,05	Berbeda nyata
Aroma	< 0,05	Berbeda nyata
Rasa	< 0,05	Berbeda nyata

Keterangan:

Perbedaan dinyatakan signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Tabel 2. Rata-Rata Skor Hedonik Cookies Gluten-Free pada Berbagai Suhu Pemanggangan

Suhu Pemanggangan (°C)	Tekstur	Warna	Aroma	Rasa
140	2,6 ^a	3,3 ^a	3,7 ^a	3,0 ^a
160	3,3 ^b	4,2 ^b	3,7 ^a	3,4 ^b
180	3,6 ^c	2,3 ^c	3,0 ^b	2,4 ^c

Keterangan:

Nilai merupakan rata-rata skor hedonik (n = 30). Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey HSD (p < 0,05).

Pengaruh Suhu Pemanggangan terhadap Tekstur: Perspektif Struktural dan Fisikokimia

Berdasarkan hasil ANOVA (**Tabel 1**) dan uji lanjut Tukey HSD (**Tabel 2**), atribut tekstur menunjukkan peningkatan tingkat kesukaan yang signifikan seiring dengan peningkatan suhu pemanggangan, dengan nilai tertinggi diperoleh pada suhu 180 °C. Hal ini mengindikasikan bahwa panelis lebih menyukai tekstur *cookies* yang lebih renyah dan rapuh, karakteristik yang secara umum diasosiasikan dengan kualitas *cookies* yang baik.

Pada sistem *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, pembentukan tekstur sangat bergantung pada dinamika air dan transformasi pati, karena tidak adanya jaringan gluten yang berfungsi sebagai kerangka elastis. Suhu pemanggangan yang lebih tinggi mempercepat difusi uap air keluar dari matriks adonan, sehingga menurunkan kadar air akhir produk. Penurunan kadar air ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan kerapuhan dan kerenyahan struktur.

Selain itu, pati singkong mengalami gelatinisasi lebih intens pada suhu pemanggangan tinggi, diikuti oleh pembentukan struktur pati yang lebih rigid setelah pendinginan. Kombinasi antara gelatinisasi pati dan kehilangan air yang signifikan menghasilkan matriks padat tetapi rapuh, yang secara sensorik dirasakan sebagai tekstur renyah. Sebaliknya, pada suhu 140 °C, proses pengeringan dan gelatinisasi berlangsung kurang optimal, sehingga struktur *cookies* masih relatif plastis dan kurang rapuh, yang berdampak pada rendahnya tingkat kesukaan tekstur.

Interpretasi ini sejalan dengan Manley (2011) dan Pareyt et al. (2009), yang menegaskan bahwa pengendalian suhu pemanggangan merupakan kunci utama dalam rekayasa tekstur *cookies*, khususnya pada formulasi dengan kandungan pati tinggi dan tanpa gluten.

Pengaruh Suhu Pemanggangan terhadap Warna: Keseimbangan Reaksi Pencoklatan

Atribut warna menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan tekstur. Berdasarkan **Tabel 2**, suhu 160 °C menghasilkan tingkat kesukaan warna tertinggi, sementara suhu 140 °C dan 180 °C masing-masing menghasilkan warna yang terlalu pucat dan terlalu gelap. Perbedaan ini dikonfirmasi secara statistik melalui ANOVA (**Tabel 1**).

Secara kimia, perubahan warna selama pemanggangan terutama dikendalikan oleh reaksi Maillard dan karamelisasi gula. Pada suhu menengah, kedua reaksi ini berlangsung pada laju yang relatif seimbang, menghasilkan pigmen cokelat keemasan yang secara visual dianggap paling menarik oleh panelis. Warna ini sering diasosiasikan dengan tingkat kematangan yang tepat dan kualitas sensorik yang baik.

Pada suhu yang terlalu rendah, laju reaksi pencoklatan tidak cukup untuk menghasilkan pigmen warna yang signifikan, sehingga *cookies* tampak pucat dan kurang menarik. Sebaliknya, pada suhu tinggi, reaksi Maillard berlangsung terlalu cepat dan intens, menghasilkan pembentukan melanoidin dalam jumlah berlebih yang menyebabkan warna terlalu gelap dan menurunkan daya tarik visual. Fenomena ini sesuai dengan uraian Nursten (2005) serta Belitz et al. (2009), yang menekankan pentingnya pengendalian suhu untuk mencegah overbrowning pada produk *bakery*.

Pengaruh Suhu Pemanggangan terhadap Aroma: Stabilitas Senyawa Volatil

Hasil ANOVA (**Tabel 1**) menunjukkan bahwa suhu pemanggangan berpengaruh signifikan terhadap aroma cookies. Berdasarkan **Tabel 2**, suhu 140 °C dan 160 °C menghasilkan tingkat kesukaan aroma yang lebih tinggi dan tidak berbeda nyata, sedangkan suhu 180 °C menunjukkan penurunan signifikan.

Aroma *cookies* dihasilkan dari kompleks senyawa volatil yang terbentuk selama pemanggangan melalui reaksi Maillard, degradasi gula, dan interaksi dengan lemak. Namun, pada suhu yang terlalu tinggi, banyak senyawa volatil aromatik mengalami degradasi termal, sementara lemak mengalami oksidasi, menghasilkan senyawa dengan karakter aroma gosong atau pahit yang kurang disukai.

Pada suhu menengah, pembentukan senyawa aroma berlangsung lebih terkendali, sehingga profil aroma yang dihasilkan lebih seimbang dan diterima oleh panelis. Hal ini menegaskan bahwa intensifikasi proses pemanggangan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan mutu aroma. Aroma merupakan atribut sensorik yang sangat sensitif terhadap kondisi pemanasan karena berkaitan langsung dengan pembentukan dan stabilitas senyawa volatil. Peningkatan suhu pemanggangan yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi senyawa volatil aromatik serta meningkatkan pembentukan aroma gosong akibat oksidasi lemak dan reaksi pencoklatan yang tidak terkendali (Belitz et al., 2009; Lawless & Heymann, 2010)

Pengaruh Suhu Pemanggangan terhadap Rasa: Integrasi Flavor dan Persepsi Sensorik

Atribut rasa menunjukkan bahwa *cookies* yang dipanggang pada suhu 160 °C memiliki tingkat kesukaan tertinggi, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2** dan dikonfirmasi melalui ANOVA (**Tabel 1**). Rasa merupakan hasil integratif dari seluruh proses pemanggangan, yang mencerminkan keseimbangan antara pembentukan senyawa flavor dan pencegahan degradasi komponen sensori.

Pada suhu 160 °C, reaksi Maillard dan karamelisasi berlangsung cukup intens untuk menghasilkan senyawa flavor yang kompleks, seperti rasa manis, gurih, dan panggang tanpa menghasilkan senyawa pahit dalam jumlah dominan. Sebaliknya, pada suhu 180 °C, degradasi gula dan pembentukan produk samping reaksi pencoklatan yang berlebihan meningkatkan persepsi rasa pahit dan gosong, sehingga menurunkan penerimaan rasa oleh panelis.

Hasil ini mendukung pandangan Pareyt et al. (2009) dan Manley (2011), yang menyatakan bahwa suhu pemanggangan menengah merupakan kondisi paling ideal untuk menghasilkan profil rasa *cookies* yang seimbang dan disukai konsumen.

Sintesis dan Implikasi Pengembangan Produk

Integrasi hasil ANOVA (**Tabel 1**) dan uji lanjut Tukey HSD (**Tabel 2**) menunjukkan bahwa suhu pemanggangan merupakan faktor determinan dalam pembentukan mutu sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, tetapi efeknya bersifat atribut-spesifik. Suhu tinggi menguntungkan pembentukan tekstur renyah, sementara suhu menengah lebih optimal untuk warna, aroma, dan rasa. Implikasinya, pengembangan *cookies gluten-free* tidak dapat hanya berfokus pada satu atribut sensori, melainkan harus mempertimbangkan kompromi antaratribut. Berdasarkan hasil penelitian ini, suhu pemanggangan sekitar 160 °C dapat direkomendasikan sebagai kondisi yang paling mendekati optimum untuk menghasilkan *cookies* dengan mutu sensorik yang seimbang dan dapat diterima secara luas.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa suhu pemanggangan merupakan faktor proses yang menentukan mutu sensorik *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong, dengan pengaruh yang signifikan terhadap atribut tekstur, warna, aroma, dan rasa, tetapi bersifat spesifik terhadap masing-masing atribut sehingga tidak terdapat satu suhu yang secara simultan mengoptimalkan seluruh karakteristik sensorik. Suhu pemanggangan tinggi cenderung meningkatkan penerimaan tekstur melalui pembentukan karakter renyah yang lebih kuat, tetapi menurunkan penerimaan warna, aroma, dan rasa akibat intensifikasi reaksi pencoklatan dan degradasi komponen sensori, sedangkan suhu pemanggangan menengah menghasilkan keseimbangan terbaik antara warna yang menarik, stabilitas aroma, dan rasa yang paling dapat diterima oleh panelis. Berdasarkan sintesis hasil penelitian, suhu pemanggangan sekitar 160 °C dapat direkomendasikan sebagai kondisi yang paling mendekati optimum untuk menghasilkan *cookies gluten-free* berbahan tepung singkong dengan mutu sensorik yang seimbang dan tingkat penerimaan yang relatif tinggi secara keseluruhan, sehingga secara praktis dapat dijadikan acuan teknis bagi pelaku usaha *bakery* skala kecil hingga menengah dalam pengembangan produk *cookies gluten-free* berbasis pati lokal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji keterkaitan suhu pemanggangan optimum dengan parameter fisikokimia produk, seperti kadar air dan tekstur instrumental, guna memperkuat dasar perancangan proses produksi secara kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arendt, E. K., & Dal Bello, F. (2008). *Gluten-free cereal products and beverages*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50001-0>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry (4th ed.)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- BeMiller, J. N. (2011). Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations. *Carbohydrate Polymers*, 86(2), 386-423. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.05.064>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- ISO. (2014). *ISO 11136: Sensory analysis-Methodology-General guidance for conducting hedonic tests with consumers*. International Organization for Standardization.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices (2nd ed.)*. Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Manley, D. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies (4th ed.)*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857093646>
- Marco, C., Rosell, C.M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research Technology*, 227, 1205-1213 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0838-6>
- Nursten, H. E. (2005). *The Maillard reaction: Chemistry, biochemistry and implications*. Royal Society of Chemistry.
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products - A review. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>

- Schober, T. J. (2009). *Manufacture of gluten-free specialty breads and confectionery products*. In E. Gallagher (Ed.), *Gluten-free food science and technology* (pp. 130–180). Wiley-Blackwell.
<https://doi.org/10.1002/9781444316209.ch6>
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices (3rd ed.)*. Elsevier Academic Press.