

Aplikasi Oleogel dengan Oleogelator *Candelilla Wax* Berbasis Minyak Sawit sebagai Pengganti Margarin pada Produk Kukis

(Application of Palm Oil Based Oleogels with Candelilla Wax Oleogelator as a Substitute for Margarine in Cookies)

Hayano Ayuka Yunita Dewi, I Wayan Rai Widarta*, Anak Agung Istri Sri Wiadnyani

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

*Corresponding Author: I Wayan Rai Widarta, email: raiwidarta@unud.ac.id

Abstract

Margarine is an essential ingredient in cookie production, contributing to texture and flavor, but it contains trans fats that pose health risks. Palm oil-based oleogel with *candelilla wax* as the oleogelator has the potential to serve as an alternative due to its similar physical characteristics to margarine. This study aimed to evaluate the effect of palm oil-based oleogel with *candelilla wax* on cookie characteristics and to determine the optimal oleogelator concentration. A completely randomized design was used with six treatments: margarine (control), palm oil (control), and oleogels with 3%, 5%, 7%, and 9% *candelilla wax*, each repeated three times for a total of 18 experimental units. Data visualization employed a spider web chart for hedonic testing, principal component analysis (PCA) for intensity attributes, and analysis of variance (ANOVA) for texture analysis, followed by Duncan's test if significant differences were found. The best cookie formulation was further compared with the control using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests. Results showed that different concentrations of *candelilla wax* in oleogels led to variations in the sensory profile (color, aroma, taste, texture, and overall acceptance), and had a significant effect on the physical characteristics (hardness and crispness) and chemical properties (moisture content). However, there was no significant effect on other texture parameters (fracturability and cohesiveness) or chemical components (ash, protein, fat, and carbohydrate contents). The best formulation was found in oleogel with 5% *candelilla wax* (R2), which achieved panelist preferences ranging from rather liked to liked. R2 exhibited a sensory profile similar to the control (margarine). This formulation had a hardness of 172.02 N, fracturability of 4.01 N, cohesiveness of 0.43, crispness of 140.27 Nmm, with 7.99% moisture, 1.44% ash, 14.55% protein, 11.47% fat, and 64.22% carbohydrate.

Keywords: Cookies, margarine, oleogel, *candelilla wax*, palm oil

Abstrak

Margarin merupakan salah satu bahan baku penting dalam pembuatan kukis yang memengaruhi tekstur dan cita rasa, namun mengandung lemak trans yang berisiko bagi kesehatan. Oleogel berbasis minyak sawit dengan oleogelator *candelilla wax* berpotensi menjadi alternatif pengganti karena memiliki karakteristik fisik serupa margarin. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan oleogel berbasis minyak sawit dengan oleogelator *candelilla wax* terhadap karakteristik kukis serta menentukan konsentrasi oleogelator yang optimal. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan: margarin (kontrol), minyak sawit (kontrol), dan oleogel berbasis minyak sawit dengan *candelilla wax* 3%, 5%, 7%, dan 9%, masing-masing diulang 3 kali sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Data ditampilkan menggunakan *Spider Web* untuk uji hedonik, dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* untuk uji intensitas, serta *Analysis of Variance* untuk tekstur dan dilanjutkan uji Duncan jika ada pengaruh signifikan. Kukis terbaik dibandingkan dengan kontrol menggunakan Uji Kruskal Wallis dan uji lanjut Mann-Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *candelilla wax* yang berbeda pada oleogel menghasilkan perbedaan pola terhadap karakteristik sensoris (warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan), serta berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik (kekerasan dan kerenyahan) dan kimia (kadar air). Namun, tidak berpengaruh signifikan pada tekstur (kerapuhan dan daya

kohesif) serta kimia (kadar abu, protein, lemak, dan karbohidrat). Formulasi terbaik terdapat pada oleogel dengan 5% *candelilla wax* (R2), yang menunjukkan tingkat kesukaan panelis agak suka hingga suka. Perlakuan R2 memiliki profil sensoris seupa dengan kontrol (margarin). Karakteristik fisik kukis pada formulasi ini meliputi kekerasan 172,02 N, kerapuhan 4,01 N, daya kohesif 0,43, dan kerenyahan 140,27 Nmm, dengan kadar air 7,99%, abu 1,44%, protein 14,55%, lemak 11,47%, dan karbohidrat 64,22%.

Kata Kunci: Kukis, margarin, oleogel, *candelilla wax*, minyak sawit

PENDAHULUAN

Kukis termasuk produk makanan ringan berbahan dasar terigu yang diproses dengan cara dipanggang dalam oven dengan waktu yang singkat (Rosida et al., 2020). Kukis memiliki tekstur yang relatif renyah bila dipatahkan, namun bertekstur padat (SNI 01-2973-1992). Kukis merupakan pangan praktis karena dapat dimakan kapan saja dan dengan pengemasan yang baik, kukis memiliki daya simpan yang relatif panjang (Ghozali et al., 2013), sehingga umumnya digemari oleh semua kalangan masyarakat dari yang muda hingga tua. Berbagai jenis kukis telah dikembangkan untuk menghasilkan kukis yang tidak hanya enak tapi juga menyehatkan (Manley, 2000). Bahan utama pembuatan kukis terdiri dari terigu, gula dan lemak (Millah et al., 2014). Komponen penting dalam pembuatan kukis adalah lemak yaitu margarin. Peran margarin dalam adonan kukis cukup penting, termasuk dalam memberikan tekstur maupun konsistensi yang diinginkan, membantu pembentukan struktur yang baik selama pemanggang, serta memberikan aroma yang enak dan cita rasa yang lezat (Herastuti, 2017 dalam Rosida et al., 2020). Selain itu, margarin berperan dalam

mempengaruhi parameter tekstur seperti kekerasan (*hardness*) dan kerenyahan (*crunchiness*). Oleh karena itu, tekstur pada kukis bergantung pada distribusi lemak yang merata untuk menghasilkan tekstur renyah di luar namun lembut di dalam.

Margarin merupakan produk lemak nabati berupa emulsi air dalam minyak dengan persyaratan mengandung lemak minimal 80% (Winarno, 1991). Margarin umumnya terbentuk dengan proses hidrogenasi parsial, dimana proses hidrogenasi parsial dapat menyebabkan terjadinya isomerisasi asam lemak dari konfigurasi *cis* menjadi *trans*, sehingga dapat terbentuknya lemak *trans* (Kusnandar, 2019). Sejak tahun 2018, *Food and Drug Administration* (FDA) telah melarang penggunaan minyak dihidrogenasi parsial sebagai bahan makanan karena lemak *trans* yang dihasilkan memberi dampak negatif. Konsumsi makanan yang tinggi lemak *trans* kini menjadi kekhawatiran masyarakat karena dapat memicu sindrom metabolisme dan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskuler seperti serangan jantung, stroke, kolesterol, hingga obesitas (Suriaini et al., 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk menggantikan

penggunaan margarin pada pembuatan kukis yaitu dengan menggunakan oleogel.

Oleogel merupakan solusi alternatif untuk menggantikan lemak jenuh tanpa merubah sifat dan tekstur asli dari produk pangan. Selain itu, oleogel tidak mengandung lemak trans karena proses pembuatannya tidak melibatkan hidrogenasi parsial. Proses strukturisasi oleogel adalah dengan minyak cair diubah menjadi semi padat dengan bantuan oleogelator berupa wax dan bukan secara kimia, sehingga tidak menghasilkan isomer trans (Marangoni et al., 2012). Oleogel dalam produk pangan juga telah memberikan sifat fungsional dan organoleptik yang ideal sebagai pengganti margarin. Selain sebagai pengganti lemak, oleogel dapat memberikan karakteristik yang diinginkan seperti kehalusan dan keseragaman bentuk, dan rasa lembut di mulut (Akterian dan Akterian, 2022). Beberapa hasil penelitian telah membuktikan penggunaan oleogel dapat digunakan sebagai pengganti margarin pada kukis (Schubert et al., 2022), roti kukus dan roti panggang (Bascuas et al., 2021), kue (Jang et al., 2015), dan *baked puff pastry* (Wang et al., 2023). Minyak sawit merupakan salah satu bahan dasar oleogel dalam pembuatan kukis karena keseimbangan kandungan asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh pada minyak sawit memungkinkan jenis minyak ini lebih stabil dibanding dengan jenis minyak nabati lainnya (Wulandari et al., 2011). Asam

lemak jenuh pada minyak sawit akan membentuk sifat minyak yang semi-solid atau lebih kental, sehingga akan terbentuk tekstur oleogel yang lebih optimal (Ristanti et al., 2019).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan minyak sawit dalam pembuatan oleogel berhasil menghasilkan sifat fisik dan fungsional yang baik. Ramlah et al. (2019) mencampurkan minyak sawit dengan minyak kedelai dalam pembuatan oleogel untuk menghasilkan tekstur cokelat yang baik, sementara Frolova et al. (2021) melaporkan bahwa tekstur kukis yang dibuat dengan oleogel sebanding dengan kukis komersial. Namun, ketika oleogel hanya dibuat dari minyak sawit tanpa pembentuk gel tambahan, maka kemampuan pembentuk gelnya menjadi terbatas, sehingga oleogelator berupa lilin seperti *beeswax* umum digunakan. Akan tetapi, oleogel berbasis *beeswax* dengan konsentrasi tinggi dapat memberikan rasa lilin yang kurang disukai (Sobolev et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain untuk mengganti *beeswax* dengan jenis wax lainnya adalah dengan *candelilla wax*, yang mampu membentuk gel pada konsentrasi serendah 1-2 persen (b/b) (da Silva et al., 2019).

Hal ini didukung oleh Jang et al. (2015) yang melaporkan bahwa penggunaan oleogel dari *candelilla wax* dengan canola oil pada konsentrasi tiga persen dan enam persen sebagai pengganti mentega dapat

menghasilkan karakteristik yang diinginkan yang ditunjukkan dengan penurunan viskositas pada suhu pemanggangan sehingga daya sebar kukis optimal dan dapat menghasilkan tekstur kukis yang lembut. Konsentrasi oleogelator akan mempengaruhi tekstur oleogel yang dihasilkan sehingga penggunaannya sebagai pengganti margarin membutuhkan konsentrasi yang sesuai pada pembuatan kukis. Konsentrasi yang terlalu rendah akibatnya viskositas dan tekstur yang dihasilkan terlalu lemah dan rapuh, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi akan menghasilkan produk kukis yang teksturnya lebih keras. Hal ini sejalan dengan Flores-García et al. (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi *candelilla wax* dalam oleogel cenderung mempengaruhi kekerasan dan kerapatan tekstur pada produk akhir seperti kukis.

Berdasarkan hal tersebut, *candelilla wax* dengan konsentrasi 3-9 persen dianggap optimal untuk pembentukan oleogel sebagai pengganti margarin pada kukis. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam pengembangan camilan yang lebih sehat dengan kualitas organoleptik yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan oleogel *candelilla wax* berbasis minyak sawit sebagai pengganti margarin berpengaruh terhadap karakteristik kukis dan mendapatkan konsentrasi oleogelator *candelilla wax* yang tepat untuk membentuk

oleogel sebagai pengganti margarin pada pembuatan kukis.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu bahan baku utama yang meliputi minyak sawit (Tropical) dan margarin (Blue Band) yang dibeli di Papaya Fresh Gallery dan *candelilla wax* yang dibeli di *e-commerce*, serta terigu protein rendah (Bogasari), *brown sugar* (Ricoman), gula pasir (Gulaku), telur, *vanilla essence* (Koepoe koepoe), *baking powder* (Koepoe koepoe), garam (Dolphin), tablet *kjeldahl*, H₂SO₄ pekat, aquades, NaOH 50%, indikator Phenolphthalein (PP), larutan asam borat tiga persen, dan pelarut non polar (hexane).

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan meliputi termometer air, gelas ukur, *magnetic stirrer* (Cimarec, Amerika Serikat), timbangan (Fujitsu FSR-B, Japan), *hand mixer* (Miyako HM-620, Indonesia), wadah berupa mangkuk dan baskom, spatula, oven (Miyako OT-261, Indonesia), nampan, sendok takar, *plastic wrap* (Klin Pak, Indonesia), *baking paper*, *texture profile analyzer* (LLOYD tipe TA1, Inggris), cawan, desikator, destilator (behr Labor Steam Distiller S3, Germany), tanur (Daihan FH-14, China), mortar, cawan aluminium, cawan porselen, erlenmeyer (Pyrex, Amerika Serikat), gelas beaker (Iwaki,

Jepang), tabung reaksi, pipet tetes, gelas ukur (Iwaki, Jepang), benang wol, pipet volum, bola hisap, labu *kjeldahl*, buret, labu lemak (Pyrex, Amerika Serikat), *soxhlet* (behr Labor R 256 S, Germany), *dry oven* (Glotech GTLDO-423, Indonesia), dan *thimble* (kertas saring).

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan terdiri dari margarin dan minyak sawit sebagai kontrol, serta oleogel berbasis minyak sawit dengan perlakuan konsentrasi *candelilla wax* yang bervariasi. Penelitian ini terdiri dari 6 taraf perlakuan, yaitu K1 (100% margarin), K2 (100% minyak sawit), R1(minyak sawit 97% + *candelilla wax* 3%), R2 (minyak sawit 95% + *candelilla wax* 5%), R3 (minyak sawit 93% + *candelilla wax* 7%), dan R4 (minyak sawit 91% + *candelilla wax* 9%). Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh sebanyak 18 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari proses pembuatan oleogel dari minyak sawit dengan oleogelator *candelilla wax*, pembuatan kukis dari oleogel, dan karakterisasi produk kukis terbaik.

Preparasi Oleogel

Metode pembentukan oleogel yang digunakan mengacu pada Ramlah et al. (2019) dengan beberapa modifikasi, yaitu pada jenis lilin, penurunan suhu, dan waktu

pemanasan serta pendinginan. Pembuatan oleogel diawali dengan pencampuran minyak sawit dengan konsentrasi *candelilla wax* yang terdiri dari 4 perlakuan (3%, 5%, 7%, dan 9%). Selanjutnya, sampel dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit menggunakan *magnetic stirrer* dan diaduk pada kecepatan 400 rpm. Proses pendinginan kemudian dilakukan pada suhu ruang selama 24 jam, lalu dimasukkan ke *chiller*.

Pembuatan Kukis

Metode pembuatan kukis juga mengacu pada Adie et al. (2020) yang telah dimodifikasi. Pembuatan kukis diawali dengan mencampur 100g lemak (margarin/minyak sawit/oleogel) dengan 50g *brown sugar* dan 50g gula pasir menggunakan *mixer* hingga mengembang. Selanjutnya, 1 butir telur ditambahkan dan *dimixer* kembali. Kemudian, 4,2 g *vanilla essence* dimasukkan dan diaduk hingga rata menggunakan spatula. Bahan lainnya, yaitu 270 g terigu protein rendah, 2,4 g *baking powder*, dan garam yang diayak terlebih dahulu agar tidak menggumpal dan mudah tercampur, lalu ditambahkan ke dalam adonan. Adonan diaduk hingga rata menggunakan spatula. Setelah itu, adonan dibungkus menggunakan *plastic wrap* dan dimasukkan ke dalam *chiller* selama 1 jam. Adonan kukis ditimbang sebanyak 25 g, dibulatkan, dan diletakkan pada nampan oven yang telah dilapisi *baking paper*.

Tabel 1. Komposisi formulasi kukis

Bahan	Komposisi Bahan					
	K1	K2	R1	R2	R3	R4
Margarin (%)	100	0	0	0	0	0
Minyak Sawit (%)	0	100	97	95	93	91
<i>Candelilla wax</i> (%)	0	0	3	5	7	9
ADONAN (g)						
Terigu Protein Rendah	270	270	270	270	270	270
<i>Brown Sugar</i>	80	80	80	80	80	80
Gula Pasir	50	50	50	50	50	50
Telur	50	50	50	50	50	50
<i>Vanilla Essence</i>	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
<i>Baking Powder</i>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Garam	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Keterangan : Persentase perlakuan berdasarkan 100 g oleogel dari minyak sawit dan *candelilla wax*.
Sumber : Adie et al. (2020) yang telah dimodifikasi

Selanjutnya, kukis dipanggang dalam oven pada suhu 180°C selama 20 menit. Setelah matang, kukis didiamkan dalam oven selama 5 menit dan kemudian didinginkan pada suhu ruang. Formulasi pembuatan kukis dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter yang diamati

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi sensoris (Lawless & Heymann, 2010 dan Munarko et al., 2023), tekstur berupa kekerasan (*hardness*), kerapuhan (*fracture*), kerenyahan (*crunchiness*), dan daya kohesif (*cohesiveness*) (Jang et al., 2015 dan Saberi et al., 2021), serta analisis proksimat (Syukri D., 2021). Analisis proksimat dilakukan pada sampel kukis kontrol dan sampel dengan perlakuan terbaik, meliputi pengujian kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar karbohidrat.

Analisis Data

Data yang diperoleh akan diolah menggunakan Microsoft Excel 2019 *software* dengan menampilkan hasil *Spider Web* untuk uji hedonik, XLSTAT 2020 *software* dengan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menganalisis uji intensitas, *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menganalisis uji tekstur dan apabila didapatkan perlakuan yang berpengaruh nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan selang kepercayaan 95%. Data yang diperoleh sebagai perlakuan kukis terbaik akan dianalisis menggunakan Uji Kruskal Wallis dan apabila menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut Mann-Whitney.

Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik didasarkan pada hasil penilaian sensoris dengan kriteria tingkat kesukaan tertinggi

dan karakteristik tekstur yang menyerupai kukis dengan margarin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Uji Sensoris

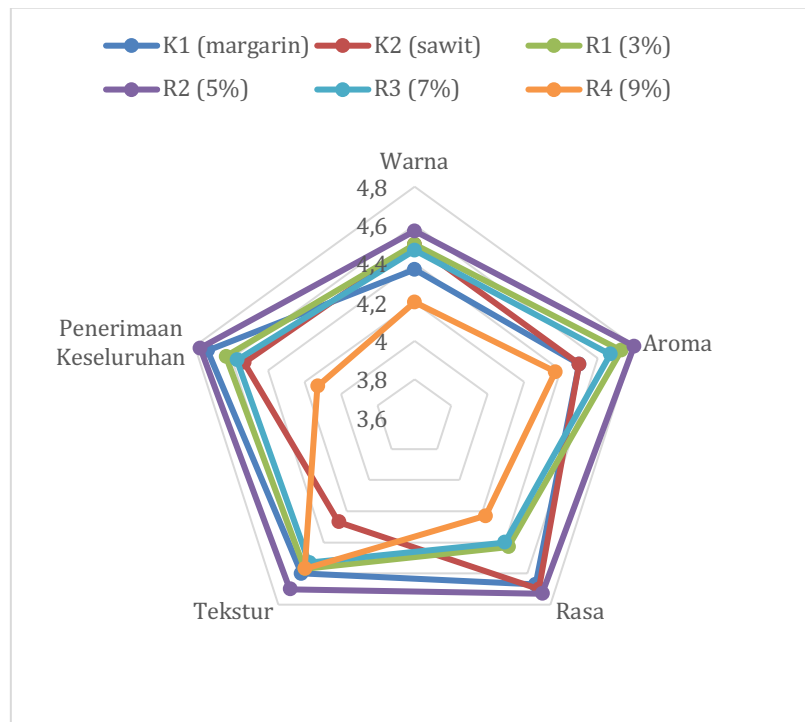
Hasil menunjukkan bahwa perlakuan penambahan *candelilla wax* dengan konsentrasi yang berbeda pada pembentukan oleogel yang digunakan sebagai pengganti margarin berpengaruh nyata terhadap karakteristik sensoris kukis. Setiap perlakuan yang diuji menghasilkan profil sensoris yang berbeda.

Hedonik

Pengujian hedonik menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis terhadap kukis dipengaruhi oleh karakteristik sensorisnya, meliputi warna, aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan. Hasil visualisasi menggunakan *spider web* menunjukkan bahwa kukis dengan perlakuan R2 (5% *candelilla wax*) mendapatkan nilai tertinggi dalam semua atribut, meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, hingga penerimaan keseluruhan dengan kriteria agak suka hingga suka. Pola profil sensoris pada perlakuan R2 (5% *candelilla wax*) juga tampak serupa bahkan lebih baik dengan perlakuan kontrol margarin (K1). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* tidak menyebabkan penurunan kualitas sensoris produk kukis.

Atribut aroma dengan perlakuan R2 (5% *candelilla wax*) paling disukai oleh

panelis dan lebih unggul dibandingkan perlakuan kontrol margarin (K1) dan minyak sawit (K2). Hal ini menunjukkan bahwa oleogel berbasis 5% *candelilla wax* tidak mengubah karakteristik aroma dalam produk kukis. Oleogel berbasis *candelilla wax* juga dapat menjaga volatilitas senyawa aroma selama pemanggangan. Hal ini dapat didukung dengan pernyataan Frolova et al. (2021) yang melaporkan bahwa penggunaan oleogel berbasis lilin lebah dalam produk panggang mampu mempertahankan karakteristik aroma yang lebih baik. Pengaruh ini terjadi karena adanya interaksi antara gel lemak dan komponen volatil dalam adonan yang mengatur pelepasan aroma selama dan setelah proses pemanggangan. Penelitian oleh Flores-García et al. (2023) juga menyatakan bahwa substitusi lemak dengan oleogel berbasis *candelilla wax* dalam produk biskuit dapat meningkatkan profil aroma yang lebih disukai oleh panelis. Sementara itu, atribut rasa kukis dengan perlakuan penambahan 5% *candelilla wax* dalam oleogel (R2) juga lebih disukai panelis dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil perlakuan penambahan 5% *candelilla wax* dalam oleogel (R2) serupa dengan perlakuan kontrol margarin (K1) dan minyak sawit (K2).



Gambar 1. *Spider web* hasil pengujian hedonik kukis

Hal ini menunjukkan bahwa olegel berbasis 5% *candelilla wax* tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada profil rasa asli produk. Selain itu, oleogel juga cenderung tidak memberikan sensasi berminyak yang berlebihan, yang dapat meningkatkan kesan rasa yang lebih alami pada produk panggang (Jang et al., 2015). Studi oleh Bacuas et al. (2021) juga menunjukkan bahwa oleogel dalam produk roti panggang memberikan tekstur yang lebih baik dibandingkan dengan margarin. Namun, penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* dengan konsentrasi yang lebih tinggi dapat menghasilkan efek *aftertaste* pahit yang tidak diinginkan akibat

perubahan interaksi lemak dengan senyawa volatil dalam produk kukis (Flores-García et al., 2023). Selain itu, Frolova et al. (2021) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi lilin dalam oleogel dapat menghambat pelepasan senyawa flavor tertentu, sehingga mengurangi keseimbangan rasa dan menimbulkan sensasi kurang nyaman di mulut.

Selanjutnya, atribut warna juga menunjukkan bahwa lemak dalam kukis tidak berpengaruh terhadap warna secara signifikan. Perubahan warna yang terjadi pada produk kukis lebih banyak dipengaruhi oleh reaksi *Maillard* selama proses pemanggangan. Oleh karena itu, penerimaan

keseluruhan juga menunjukkan bahwa perlakuan penambahan 5% *candelilla wax* dalam oleogel (R2) paling disukai oleh panelis. Hal ini serupa dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa oleogel berbasis *wax* sebagai pengganti lemak dapat meningkatkan kualitas sensoris produk panggang (Schubert et al., 2022). Penerimaan keseluruhan ini dipengaruhi oleh penerimaan lainnya meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur. Dengan demikian, penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* dapat menjadi alternatif pengganti margarin dengan tetap mempertahankan kualitas sensoris yang baik.

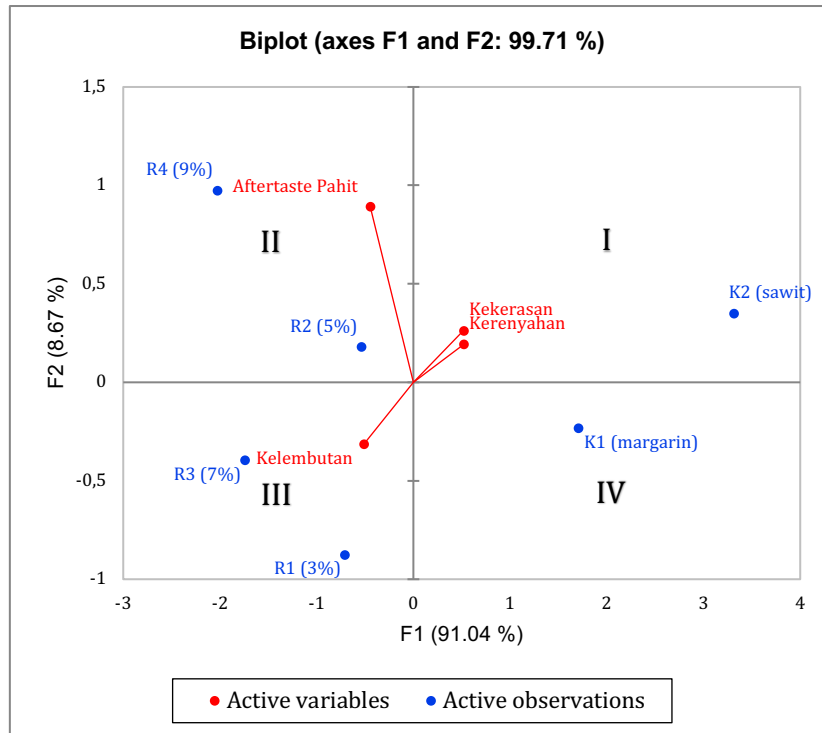
Intensitas Sensoris

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik intensitas kukis, meliputi kekerasan, kerenyahan, kelembutan, hingga *aftertaste* rasa pahit yang terdapat pada Gambar 2. Biplot *principal component analysis* (PCA) intensitas sensoris kukis. *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan analisis statistik yang digunakan untuk menyederhanakan data yang kompleks tanpa kehilangan terlalu banyak informasi (Jolliffe dan Cadima, 2016). Metode PCA ini bekerja dengan membentuk variabel baru yang tidak berkorelasi dan bertujuan untuk menangkap variasi terbesar dalam data. Hasil interpretasi grafik biplot berdasarkan analisis *Principal Component Analysis* (PCA) pada Gambar 2 menunjukkan

distribusi sampel kukis beserta atribut sensorisnya dalam empat kuadran berdasarkan dua komponen utama, yaitu F1 (91,04 %) dan F2 (8,67 %) dengan menampilkan 99,71% variasi data. Hasil keragaman ini tergolong sangat baik karena grafik biplot PCA yang baik mampu menjelaskan setidaknya 70% dari total keragaman data (McPherson, 2011 dalam Munarko et al., 2023).

Komponen utama pertama (F1) menjelaskan sebagian besar variasi data, sementara komponen kedua (F2) menangkap variasi tambahan yang tidak terwakili oleh F1.

Pada kuadran I, perlakuan K2 (100% minyak sawit) berada berdekatan dengan atribut kekerasan dan kerenyahan, yang mengindikasikan bahwa K2 menghasilkan kukis dengan tekstur yang cenderung keras dan renyah. Selanjutnya pada kuadran II, perlakuan R2 (5 % *candelilla wax*) dan R4 (9 % *candelilla wax*) memiliki karakteristik yang serupa dalam *aftertaste* pahit. Namun, intensitas *aftertaste* pahit yang lebih tinggi dapat dilihat dari jarak antar titik sampel dengan atribut, sehingga cenderung perlakuan perlakuan R4 (9 % *candelilla wax*) yang dominan terhadap atribut *aftertaste* pahit. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi *candelilla wax* yang lebih tinggi dapat memberikan efek samping terhadap persepsi rasa.



Gambar 2. Biplot *principal component analysis* (PCA) intensitas sensoris kukis

Flores-García et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* dapat memberikan *aftertaste* pahit yang dominan pada produk.

Selain itu pada kuadran II, R2 (5 % *candelilla wax*) meskipun terletak pada kuadran yang berbeda dengan K2 (100% minyak sawit), posisinya dekat dengan atribut kekerasan dan kerenyahan. Hal ini mengindikasikan bahwa atribut kekerasan dan kerenyahan lebih dominan pada R2 meskipun berada di kuadran yang berbeda. Hal ini selaras dengan Jolliffe dan Cadiman (2016) yang menyatakan bahwa jarak antara titik sampel dan vektor atribut dalam biplot merepresentasikan hubungan yang lebih akurat. Selain itu, Han et al. (2019) menyatakan bahwa biplot menggambarkan

tingkat perbedaan dan korelasi, dimana semakin jauh jaraknya maka semakin berbeda karakteristiknya begitupun sebaliknya. Hal ini diperkuat oleh Restuhadi dan Kurnia (2020) yang menjelaskan bahwa objek yang berada di kuadran berbeda namun memiliki jarak yang berdekatan tetap menunjukkan kemiripan karakteristik. Perlakuan R2 (5 % *candelilla wax*) yang dominan dengan kekerasan dan kerenyahan sejalan dengan penelitian Bascuas et al. (2021) yang menemukan bahwa oleogel dapat digunakan sebagai pengganti margarin dalam produk panggang untuk meningkatkan tekstur.

Pada kuadran III, perlakuan R1 (3 % *candelilla wax*) dan R3 (7 % *candelilla wax*) berada dekat dengan atribut kelembutan. Hal

ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut memiliki karakteristik yang serupa dalam kelembutan. Namun, jarak R3 (7 % *candelilla wax*) yang lebih dekat terhadap atribut menunjukkan bahwa R3 memiliki intensitas kelembutan yang lebih tinggi dibanding R1 (3 % *candelilla wax*). Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi tertentu *wax* dapat meningkatkan fleksibilitas matriks lemak, sehingga menghasilkan tekstur akhir produk yang lembut. Perŕa-Criŕan et al. (2023) juga menyatakan bahwa oleogel berbasis lilin dapat memberikan efek pelembutan dengan meningkatkan plastisitas adonan. Sementara itu, kuadran IV menunjukkan bahwa perlakuan K1 (100% margarin) berada cukup jauh dari seluruh vektor atribut sensoris.

Selanjutnya, arah vektor atribut sensoris juga menggambarkan hubungan korelasional antar atribut. Vektor yang saling berdekatan menunjukkan adanya hubungan positif, sedangkan vektor yang berlawanan arah menunjukkan korelasi negatif. Hal ini didukung oleh Restuhadi dan Kurnia (2020) yang menyatakan bahwa arah dan posisi vektor dapat digunakan untuk menginterpretasikan hubungan antar atribut, baik dalam hal kedekatan maupun arah korelasi yang terjadi. Berdasarkan analisis *Principal Component Analysis* (PCA) pada Gambar 2 menunjukkan bahwa vektor kelembutan berlawanan dengan kekerasan dan kerenyahan menunjukkan korelasi

negatif, dimana kukis dengan tekstur lembut cenderung memiliki intensitas kekerasan dan kerenyahan yang lebih rendah. Oleh karena itu, perlu diperhatikan penggunaan konsentrasi *wax* yang tepat dalam pembuatan oleogel untuk menghasilkan kukis dengan karakteristik sensoris yang diterima baik oleh panelis.

Hasil Analisis Uji Tekstur

Hasil sidik ragam uji tekstur kukis menunjukkan peningkatan konsentrasi *candelilla wax* dalam oleogel pada kukis berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap *hardness* (kekerasan) dan *crunchiness* (kerenyahan) kukis, namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap aspek *fracture* (kerapuhan) dan *cohesiveness* (daya kohesif). Hasil rata-rata uji tekstur kukis dapat dilihat pada Tabel 2 dan visualisasi kukis setiap perlakuan pada Gambar 3.

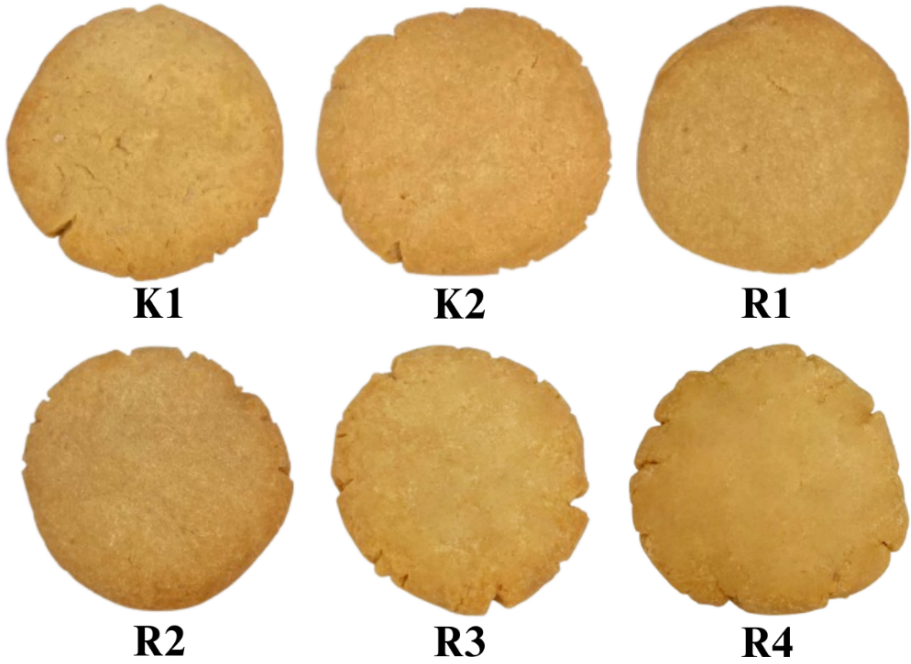
Hardness (Kekerasan)

Kekerasan merupakan gaya maksimum yang diperlukan untuk menekan atau menembus permukaan suatu produk makanan (Suleman et al., 2021). Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan penambahan konsentrasi *candelilla wax* pada oleogel berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kekerasan kukis. Nilai kekerasan meningkat signifikan dengan penambahan *candelilla wax*, nilai tertinggi diperoleh R4 (9% *candelilla wax*) sebesar 314,64 N dan nilai terendah diperoleh R1 (3% *candelilla wax*) sebesar 159,92 N yang tidak berbeda dengan R2 (5% *candelilla wax*).

Tabel 2. Nilai rata-rata *hardness* (kekerasan), *fracture* (kerapuhan), *cohesiveness* (daya kohesif), *crunchiness* (krenyahan) produk kukis dengan perlakuan *konsentrasi candelilla wax* yang bervariasi dan margarin serta minyak sawit sebagai kontrol

Perlakuan	<i>Hardness</i> (N)	<i>Fracture</i> (N)	<i>Cohesiveness</i> (N)	<i>Crunchiness</i> (Nmm)
K1	251,87 ± 21,47 ^b	4,73 ± 1,11 ^a	0,57 ± 0,09 ^a	146,95 ± 41,41 ^{ab}
K2	268,24 ± 8,16 ^b	3,39 ± 0,83 ^a	0,50 ± 0,02 ^a	181,18 ± 5,52 ^a
R1	159,92 ± 5,97 ^c	3,79± 0,67 ^a	0,46 ± 0,16 ^a	109,25 ± 18,33 ^b
R2	172,02 ± 6,38 ^c	4,01 ± 0,86 ^a	0,43 ± 0,03 ^a	140,27 ± 11,42 ^{ab}
R3	253,51 ± 9,64 ^b	4,21 ± 0,36 ^a	0,50 ± 0,04 ^a	169,96 ± 28,67 ^a
R4	314,64 ± 10,00 ^a	4,26 ± 1,46 ^a	0,48 ± 0,13 ^a	180,66 ± 41,00 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata ± standar deviasi (ulangan n=3). Nilai rata-rata diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata (P<0,05).



Gambar 3. Visualisasi kukis pada setiap perlakuan

Peningkatan kekerasan juga terlihat pada R3 (7% *candelilla wax*) hingga R4 (9% *candelilla wax*) yang mengindikasikan penguatan struktur mekanis kukis seiring meningkatnya konsentrasi *wax* yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *candelilla wax*

dalam oleogel, maka semakin tinggi gaya yang diperlukan untuk menghancurkan kukis, yang berarti struktur kukis lebih padat dan tidak mudah patah. Perlakuan R4 (9% *candelilla wax*) menunjukkan peningkatan kekerasan paling signifikan, mengindikasikan bahwa pada konsentrasi

9% terbentuk jaringan kristal lemak yang paling padat dan kuat. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Flores-García et al. (2023) yang menyatakan bahwa penambahan oleogel berbasis *candelilla wax* dalam formulasi lemak dapat meningkatkan kekerasan struktur produk kukis. Selain itu, penelitian oleh Yılmaz & Ögütçü (2015) menunjukkan bahwa kekerasan ini terjadi karena struktur oleogel yang lebih padat dan lebih kaku dibandingkan lemak konvensional. Studi oleh Perța-Crișan et al. (2023) juga melaporkan bahwa oleogel berbasis lilin mampu meningkatkan sifat mekanis produk dengan menciptakan struktur jaringan lemak yang lebih kaku, sehingga meningkatkan daya tahan dan mencegah kerapuhan yang berlebihan. Sementara itu, nilai kekerasan K1 (100% margarin) dan K2 (100% minyak sawit) masing-masing diperoleh secara berturut-turut sebesar 251,87 N dan 268,24 N, yang tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan margarin dan minyak sawit sebagai lemak menghasilkan tekstur kukis yang relatif serupa dalam hal kekerasan. Dengan demikian, oleogel tidak hanya dapat digunakan sebagai pengganti lemak konvensional, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan stabilitas struktur kukis.

Fracture (Kerapuhan)

Kerapuhan adalah kemampuan suatu produk untuk mematahkan atau meretakkan ketika dikenakan gaya tertentu.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi *candelilla wax* pada oleogel tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kerapuhan kukis. Nilai kerapuhan kukis berbasis oleogel berkisar antara 3,79 N – 4,26 N dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol margarin (K1) dan minyak sawit (K2). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *candelilla wax* dalam oleogel tidak mempengaruhi struktur mekanis kukis dalam hal kerapuhan. Menurut Flores-García et al. (2023), oleogel berbasis *candelilla wax* memiliki kemampuan untuk menstabilkan struktur lemak dalam produk panggang seperti kukis tanpa mengubah sifat mekanisnya secara signifikan, termasuk kerapuhan. Frolova et al. (2021) juga melaporkan bahwa oleogel berbasis lilin, seperti *beeswax* dapat mempertahankan sifat reologi produk panggang yang serupa dengan lemak konvensional berupa margarin, sehingga tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada parameter kerapuhan. Dengan demikian, penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* dalam formulasi kukis dapat menjadi alternatif pengganti lemak konvensional tanpa mempengaruhi kerapuhan produk secara signifikan.

Cohesiveness (Daya kohesif)

Daya kohesif merupakan kekuatan struktur internal yang membentuk produk dan sejauh mana dapat mengalami deformasi sebelum pecah. Hasil sidik ragam

menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi *candelilla wax* tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap daya kohesif kukis. Nilai daya kohesif kukis berbasis oleogel berkisar antara 0,43 N – 0,50 N dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (K1 dan K2). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan oleogel berbasis *wax* dapat digunakan sebagai alternatif pengganti margarin tanpa mempengaruhi kohesi kukis. Sobolev et al. (2023) juga melaporkan bahwa peningkatan kadar *wax* dalam formulasi oleogel tidak secara signifikan mengubah elastisitas produk, melainkan meningkatkan kekerasan produk. Sementara itu, perlakuan kontrol minyak sawit (K2) menghasilkan nilai daya kohesif yang serupa juga dikarenakan minyak sawit memiliki komposisi lemak jenuh dan tidak jenuh yang seimbang, sehingga dapat mempertahankan struktur kohesif kukis. Kandungan minyak sawit terdiri dari sekitar 50% asam lemak jenuh, terutama asam palmitat, serta 50% asam lemak tak jenuh, terutama asam oleat (da Silva et al., 2019).

Crunchiness (Kerenyahan)

Kerenyahan merupakan atribut sensoris yang menggambarkan sensasi tekanan saat makanan digigit, dikunyah, dan ditelan ataupun diraba menggunakan jari (Suleman et al., 2021). Kerenyahan dianalisis menggunakan gaya yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gaya yang dibutuhkan untuk memecah

bahan. Semakin tinggi gaya yang dibutuhkan untuk mematahkan kukis, maka tingkat kerenyahannya cenderung semakin rendah. Hal ini sejalan dengan temuan Liberty et al. (2024) yang menunjukkan adanya korelasi negatif antara kerenyahan dan gaya maksimum yang diperlukan untuk memecahkan sampel. Perbedaan tingkat kerenyahan berkaitan dengan komposisi bahan penyusunnya (Harahap et al., 2017). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi *candelilla wax* berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap *crunchiness* kukis. Nilai *crunchiness* tertinggi ditemukan pada perlakuan R4 (9% *candelilla wax*) sebesar 186,60 Nmm dan nilai terendah diperoleh R1 (3% *candelilla wax*) sebesar 109,25 Nmm. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi lilin yang digunakan dalam oleogel, maka gaya yang diperlukan semakin besar untuk pengujian *crunchiness*, sehingga kukis menjadi kurang renyah.

Hal ini sejalan dengan Leahu et al. (2025) yang melaporkan bahwa penambahan *candelilla wax* pada oleogel berbasis minyak rami menyebabkan peningkatan kekerasan dan penurunan kerenyahan kukis. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi *candelilla wax* dalam oleogel, maka tekstur kukis cenderung menjadi lebih keras dan kurang renyah. *Fracture* atau kerapuhan pada kukis juga berkaitan erat

dengan kerenyahan, dimana semakin tinggi gaya patah yang dihasilkan, maka semakin tinggi kerenyahannya (Talens et al., 2023). Oleh karena itu, perlu diperhatikan bahwa nilai *crunchiness* yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan tekstur kukis menjadi terlalu keras dan kurang enak dikonsumsi. Tingkat kerenyahan yang optimal tergantung pada preferensi konsumen, sehingga formulasi harus disesuaikan agar menghasilkan tekstur yang seimbang.

Karakteristik Kimia Produk Terbaik

Perlakuan terbaik kukis ditentukan berdasarkan penilaian sensoris dengan tingkat kesukaan hedonik dan intensitas sensoris paling tinggi. Berdasarkan uji sensoris, kukis dengan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan R2 (5% *candelilla wax*). Selanjutnya, kukis perlakuan R2 dilakukan uji karakteristik kimia dan dibandingkan dengan perlakuan kontrol K1 (100% margarin) dan K2 (100% minyak sawit). Hasil karakteristik kimia kukis kontrol dan perlakuan terbaik dapat dilihat pada Tabel 3.

Kadar Air

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kadar air pada kukis terdapat perbedaan nyata ($P < 0.05$) pada setiap perlakuan. Kukis kontrol margarin (K1) memiliki kadar air tertinggi karena penambahan margarin dalam adonan dapat menyebabkan peningkatan kadar air pada kukis (Rosida et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam

margarin sebesar 20%, sementara sisanya adalah lemak. Margarin merupakan produk emulsi dengan tipe w/o (*water in oil*) yang berarti fase air berada dalam fase minyak (Guillen et al., 2016), sehingga meningkatkan kadar air dalam produk akhir. Sebaliknya, kukis kontrol minyak sawit (K2) memiliki kadar air yang lebih rendah dapat disebabkan oleh komposisi lemak dan sifat minyak sebagai lemak cair yang kurang efektif mengikat air. Menurut Perez-Santana et al. (2022), lemak jenuh membentuk lipid kristalin yang melapisi granula pati, sehingga menghambat penyerapan air. Hal ini sejalan dengan Hao et al. (2014) yang menyatakan bahwa jenis dan kandungan lemak secara langsung mempengaruhi kadar air dalam biskuit, di mana lemak cair cenderung menghasilkan produk dengan kadar air yang lebih rendah.

Sementara itu, oleogel dalam R2 memiliki struktur gel yang mampu mempertahankan air dalam matriks lemaknya. *Candelilla wax* memiliki sifat hidrofobik tinggi karena kandungan utamanya berupa hidrokarbon dan ester asam lemak yang membentuk jaringan kristal rapat (Kowalczyk et al., 2017). Struktur ini memungkinkan oleogel berbasis *candelilla wax* untuk membentuk jaringan lemak yang padat dan memperlambat penguapan air selama pemanggangan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *candelilla wax* bersifat hidrofobik, struktur *gel* yang dibentuknya dalam oleogel secara -

Tabel 3. Nilai rata-rata karakteristik kimia produk kukis kontrol dan perlakuan terbaik

Perlakuan	Karakteristik Kimia				
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Karbohidrat (%)
K1	9,12 ± 0,52 ^a	1,46 ± 0,09 ^a	9,02 ± 0,46 ^a	10,48 ± 0,52 ^a	70,68 ± 1,20 ^a
K2	7,34 ± 0,06 ^c	1,39 ± 0,26 ^a	11,11 ± 1,63 ^a	12,13 ± 0,92 ^a	65,01 ± 2,80 ^a
R2	7,99 ± 0,16 ^b	1,44 ± 0,15 ^a	11,92 ± 0,39 ^a	11,47 ± 0,44 ^a	64,22 ± 1,56 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata ± standar deviasi (ulangan n=3). Nilai rata-rata diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata (P< 0,05).

tidak langsung membantu mempertahankan kelembapan dalam kukis. Hal ini sesuai dengan García-Betanzos et al. (2023) yang menyatakan bahwa *candelilla wax* mampu menghambat migrasi air dalam produk pangan melalui struktur lemak yang terbentuk. Namun berdasarkan SNI 01-2973-1992, ketiga perlakuan kukis belum memenuhi syarat yaitu maksimum kadar air yang diperbolehkan yakni 5%. Maka dari itu, diperlukan optimasi formulasi agar kukis dapat memenuhi standar kadar air yang ditetapkan.

Kadar Abu

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kadar abu pada kukis tidak berbeda nyata (P>0.05) pada semua perlakuan. Hal ini berarti penggunaan oleogel tidak mempengaruhi kadar abu pada kukis. Berdasarkan hasil analisis juga dapat diketahui bahwa *candelilla wax* tidak mengandung mineral yang tinggi, sehingga tidak berpengaruh nyata terhadap kadar abu (Aranda-Ledesma et al., 2022). Berdasarkan SNI 01-2973-1992, ketiga perlakuan kukis telah memenuhi syarat yaitu maksimum

kadar abu yang diperbolehkan yakni 1,5%. Dengan demikian, oleogel berbasis *candelilla wax* dapat diaplikasikan tanpa mengubah kadar abu kukis.

Kadar Protein

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kadar protein pada kukis tidak berbeda nyata (P>0.05) pada semua perlakuan. Hal ini berarti penggunaan oleogel tidak mempengaruhi kadar protein pada kukis. Penelitian oleh Pérez-Martínez et al. (2019) juga melaporkan bahwa oleogel berbasis lilin berperan dalam membentuk struktur dan tekstur produk bukan sebagai sumber protein, sehingga tidak mempengaruhi kadar protein kukis. Selain itu, Zulfikar et al. (2024) juga melaporkan bahwa penggunaan oleogel berbasis *beeswax* dalam kukis tidak secara signifikan mengubah kadar protein. Berdasarkan SNI 01-2973-1992, ketiga perlakuan kukis telah memenuhi syarat maksimum kadar protein yang diperbolehkan, yaitu 9%. Dengan demikian, oleogel berbasis *candelilla wax* dapat diaplikasikan tanpa mengubah kadar protein kukis.

Kadar Lemak

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kadar lemak pada kukis tidak berbeda nyata ($P>0.05$) pada semua perlakuan. Hal ini berarti penggunaan oleogel tidak mempengaruhi kadar lemak pada kukis. Scharfe & Flöter (2020) juga menyatakan bahwa oleogel dapat digunakan sebagai pengganti lemak padat tanpa merubah kandungan lemak total dalam produk akhir. Berdasarkan SNI 01-2973-1992, ketiga perlakuan kukis telah memenuhi syarat yaitu minimum kadar lemak yang diperbolehkan adalah 9,5%. Dengan demikian, oleogel berbasis *candelilla wax* dapat diaplikasikan tanpa mengubah kadar lemak kukis.

Kadar Karbohidrat

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kadar karbohidrat pada kukis tidak berbeda nyata ($P>0.05$) pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan oleogel sebagai pengganti lemak tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar karbohidrat dalam kukis. Kadar karbohidrat umumnya berasal dari bahan utama seperti tepung, gula, dan bahan tambahan berbasis pati. Nur Hidayah et al. (2023) menyatakan bahwa karbohidrat pada kukis sebagian besar berasal dari terigu yang merupakan komponen utama dalam adonan. Oleh karena itu, oleogel sebagai pengganti lemak tidak akan mempengaruhi kadar karbohidrat pada kukis. Sementara itu, Flores-García et

al. (2023) juga melaporkan bahwa penggunaan oleogel berbasis *candelilla wax* dalam kukis tidak berdampak signifikan terhadap kandungan karbohidrat. Hal ini sejalan dengan Bascuas et al. (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan oleogel dalam pembuatan produk roti dan kue lebih berpengaruh terhadap struktur dan sensori produk dibandingkan dengan komposisi makronutrien seperti karbohidrat. Namun berdasarkan SNI 01-2973-1992, hanya perlakuan kontrol margarin (K1) yang memenuhi standar minimum kadar karbohidrat yakni 70%.

KESIMPULAN

Penambahan oleogel berbasis *candelilla wax* sebagai pengganti margarin menghasilkan perbedaan pola terhadap karakteristik sensoris (warna, aroma, rasa, tekstur, hingga penerimaan keseluruhan), serta berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik (kekerasan dan kerenyahan) dan karakteristik kimia (kadar air) pada kukis. Penambahan 5% *candelilla wax* dalam formulasi oleogel menghasilkan kukis dengan karakteristik terbaik. Kukis dengan oleogel berbasis 5% *candelilla wax* memiliki tingkat kesukaan panelis tertinggi pada semua aspek sensoris (hedonik dan intensitas sensoris) dengan kriteria agak suka hingga suka. Profil sensoris kukis R2 (5% *candelilla wax*) juga tampak serupa dengan kontrol (margarin) yang menunjukkan bahwa penggunaan oleogel

berbasis lilin tidak menurunkan kualitas sensoris produk. Sementara itu, karakteristik fisiknya menunjukkan nilai kekerasan sebesar 172,02 N; kerapuhan sebesar 4,01 N; daya kohesif sebesar 0,43 N; dan kerenyahan sebesar 140,27 Nmm. Selanjutnya, karakteristik kimia menunjukkan kadar air sebesar 7,99%; kadar abu 1,44%; kadar protein 14,55%; kadar lemak 11,47%; dan kadar karbohidrat 64,22%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, P. A., Enenche, D. E., Atsen, T. M., & Ikese, C. O. (2020). Physicochemical and sensory evaluation of cookies produced by partial substitution of margarine with Avocado (Persia americana) Pulp. *Asian Food. Sci. J.*, 18(2), 41-47. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v18i230216>
- Akterian, S. G., & Akterian, E. (2022). Oleogels—types, properties and their food, and other applications. *Food Science and Applied Biotechnology*, 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i1.156>
- Aranda-Ledesma, N. E., Bautista-Hernández, I., Rojas, R., Aguilar-Zárate, P., del Pilar Medina-Herrera, N., Castro-López, C., & Martínez-Ávila, G. C. G. (2022). Candelilla wax: Prospective suitable applications within the food field. *LWT*, 159, 113170. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113170>
- Badan Standarisasi Nasional. (1992) SNI 01-2973-1992: Mutu dan Cara Uji Biskuit. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bascuas, S., Morell, P., Quiles, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2021). Use of oleogels to replace margarine in steamed and baked buns. *Foods*, 10(8), 1781. <https://doi.org/10.3390/foods10081781>
- Bemer, H. L., Limbaugh, M., Cramer, E. D., Harper, W. J., & Maleky, F. (2016). Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Research International*, 85, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.016>
- da Silva, T. L. T., Martini, S., & Arellano, D. B. (2019). Chemical composition and nutritional information of fats used in fillings of sandwich cookies. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(10), 1173–1179. <https://doi.org/10.1002/aocs.12256>
- da Silva, T. L. T., Arellano, D. B., & Martini, S. (2019). Interactions between candelilla wax and saturated triacylglycerols in oleogels. *Food Research International*, 121, 900-909. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.018>
- Frolova, Y. V., Sobolev, R. V., & Kochetkova, A. A. (2021, November). Comparative analysis of the properties of cookies containing oleogel based on beeswax and its fractions. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 941, No. 1, p. 012033). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/941/1/012033>
- Flores-García, C. L., Medina-Herrera, N., Rodríguez-Romero, B. A., Martínez-Ávila, G. C. G., Rojas, R., & Meza-Carranco, Z. (2023). Impact of Fat Replacement by Using Organic-Candelilla-Wax-Based Oleogels on the Physicochemical and Sensorial Properties of a Model Cookie. *Gels*, 9(8), 636. <https://doi.org/10.3390/gels9080636>
- García-Betanzos, C. I., Hernández-Sánchez, H., Ojeda-Piedra, S. A., Ulloa-Saavedra, A., Quintanar-Guerrero, D., & Zambrano-Zaragoza, M. L. (2023). Study of Candelilla Wax Concentrations on the Physical Properties of Edible Nanocoatings as a Function of Support Polysaccharides. *Polymers*, 15(1209), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym15051209>
- Ghozali, T., Efendi, S., & Buchori, H. A. (2013). Senyawa fitokimia pada cookies jengkol (Pithecolobium jiringa). *Jurnal Agroteknologi*, 7(02), 120-128. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JAGT/article/view/2267>
- González, J. D. T., Gallo, R. T., Correa, D. A., Garcia, L. A. G., Castillo, P. M. (2018).

- Instrumental assessment of textural parameters of colombian lemon biscuits. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(22), 1085-1102. <https://doi.org/10.12988/ces.2018.8391>
- Guillén, M. D., Ibargoitia, M. L., & Sopelana, P. (2016). Margarine: Composition and analysis. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00446-3>
- Han, L., Yang, G., Dai, H., Yang, H., Xu, B., Li, H., ... & Zhao, C. (2019). Combining self-organizing maps and biplot analysis to preselect maize phenotypic components based on UAV high-throughput phenotyping platform. *Plant Methods*, 15, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0418-5>
- Hao, F., Lu, L., & Ge, C. (2014). Effect of Fat Content on Water Sorption Properties of Biscuits Studied by Nuclear Magnetic Resonance. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(11), 814-818. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-11-9>
- Harahap, S. E., Purwanto, Y. A., Budijanto, S., & Maharijaya, A. (2017). Karakterisasi Kerenyahan dan Kekerasan Beberapa Genotipe Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Hasil Pemuliaan. *Jurnal Pangan*, 26(3), 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.33964/jp.v26i3.358>
- Herastuti, H. (2017). *Teknologi pembuatan kue kering dan basah*. Yogyakarta: Deepublish.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with *candelilla wax* as an alternative to shortening in baked goods. *Food chemistry*, 187, 525-529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.110>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kusnandar, F. (2019). *Kimia pangan komponen makro*. Bumi aksara.
- Kowalczyk, D., Kordowska-Wiater, M., Zięba, E., & Baraniak, B. (2017a). Effect of carboxymethylcellulose/candelilla wax coating containing potassium sorbate on microbiological and physicochemical attributes of pears. *Scientia Horticulturae*, 218, 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.040>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- Leahu, A., Ghinea, C., Ropciuc, S., & Damian, C. (2025). Textural, Color, and Sensory Analysis of Cookies Prepared with Hemp Oil-Based Oleogels. *Gels*, 11(46), 1-14. <https://doi.org/10.3390/gels11010046>
- Liberty, J. T., Bhuiyan, M. H., & Ngadi, M. (2024). Unravelling the Nexus Between Structure, Texture, and Acoustic Traits of Fried Chicken Nuggets. *International Journal of Food Science and Technology*, 59, 8571-8582. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17447>
- Manley, D. (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Ltd.. <https://doi.org/10.1533/9781855736597.backmatter>
- Marangoni, A. G., Garti, N., & Sato, K. (2012). *Edible oleogels: Structure and health implications*. Springer. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02413-3>
- Millah, I. (2014). Pembuatan Cookies (Kue Kering) dengan Kajian Penambahan Apel Manalagi (*Mallus sylvestril* Mill) Subgrade dan Margarin (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/149969>
- Munarko, H., Jariyah, J., & Kurnianto, M. A. (2023). Profiling Atribut Sensori Kukis Nastar Menggunakan Metode Rate-All-That-Applly (RATA). *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 55-64. <https://doi.org/10.32662/gatj.v0i0.2711>
- Nur Hidayah, N., Poernomo, A., Rohadatul'aisy, N. I., & Sugiyono, S. (2023). Mutu dan umur simpan cookies yang difortifikasi dengan hidrolisat protein ikan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (JPBKP)*, 18(1), 75-86. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v18i1.941>
- Onacik-Gür, S., & Zbikowska, A. (2022). The effect of green tea extract and oleogels on the physico-chemical properties and

- oxidative stability of short-dough biscuits during storage. *LWT*, 172, 114197. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114197>
- Perța-Crișan, S., Ursachi, C. Ș., Chereji, B. D., Tolan, I., & Munteanu, F. D. (2023). Food-grade oleogels: Trends in analysis, characterization, and applicability. *Gels*, 9(5), 386. <https://doi.org/10.3390/gels9050386>
- Pérez-Martínez, J. D., Sánchez-Becerril, M., Marangoni, A. G., Toro-Vazquez, J. F., Ornelas-Paz, J. J., & Ibarra-Junquera, V. (2019). Structuration, elastic properties scaling, and mechanical reversibility of candelilla wax oleogels with and without emulsifiers. *Food Research International*, 122, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.110>
- Perez-Santana, M., Cagampang, G. B., Nieves, C., Cedeno, V., & MacIntosh, A. J. (2022). Use of high oleic palm oils in fluid shortenings and effect on physical properties of cookies. *Foods*, 11(18), 2793. <https://doi.org/10.3390/foods11182793>
- Ramlah, S., Ristanti, E. Y., Loppies, J. E., Asriati, D. W., & Rejeki, E. S. (2019). Aplikasi oleogel dengan oleogator lemak kakao pada pembuatan coklat. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(2), 1-15. <http://dx.doi.org/10.33104/jihp.v14i2.5479>
- Restuhadi, F., & Kurnia, D. (2020). Analisis Pemetaan Penilaian Responden terhadap Atribut Video Penyuluhan Komoditas Cabai di Desa Buluh Rampai Kecamatan Seberida Kabupaten Indragiri Hulu. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 4(2), 361-372. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2020.004.02.14>
- Rifqi, M., Rohmayanti, T., Sania, F. R., & Hapsari, U.D. (2023). Profil Sensori Pada Roti Tawar Dengan Penambahan Tepung Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Metode Rate-All-That-Apply (RATA). *Jurnal Agroindustri Halal*, 9(3), 332-342. <https://doi.org/10.30997/jah.v9i3.8100>
- Ristanti, E. Y., Ramlah, S., Lullung, A., & Amalia, A. (2019). Karakteristik Oleogel dari Minyak Nabati Menggunakan Lilin Lebah dan Lemak Kakao sebagai Oleogator. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(2), 33-43. <https://doi.org/10.33104/jihp.v14i2.5552>
- Rosida, D. F., Putri, N. A., & Oktafiani, M. (2020). Karakteristik cookies tepung kimpul termodifikasi (Xanthosoma sagittifolium) dengan penambahan tapioka. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 14(1), 45-56. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v14i1.6309>
- Saberi, Farzad, Fatemeh Kouhsari, Samaneh Abbasi, Cristina M. Rosell, and Mehdi Amini. "Effect of baking in different ovens on the quality and structural characteristics of saltine crackers." *International Journal of Food Science & Technology* 56, no. 12 (2021): 6559-6571. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15372>
- Scharfe, M., & Flöter, E. (2020). Oleogelation: From scientific feasibility to applicability in food products. *European journal of lipid science and technology*, 122(12), 2000213. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202000213>
- Schubert, M., Erlenbusch, N., Wittland, S., Nikolay, S., Hetzer, B., & Matthäus, B. (2022). Rapeseed oil based oleogels for the improvement of the fatty acid profile using cookies as an example. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(11), 2200033. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202200033>
- Sobolev, R., Frolova, Y., Sarkisyan, V., & Kochetkova, A. (2023). Waxy Oleogels for Partial Substitution of Solid Fat in Margarine. *Gels*, 9(9), 683. <https://doi.org/10.3390/gels9090683>
- Suleman, N. A., Antuli, Z., & Maspeke, P. N. (2021). Uji Karakteristik Sensori Dan Kimia Emping Jagung Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Limbah Ikan Roa. *Jambura Journal of Food Technology*, 3(2), 75–83. <https://doi.org/10.37905/jjft.v3i2.7864>
- Suriaini, N., Arpi, N., Syamsuddin, Y., & Supardan, M. D. (2023). Characteristics of palm oil-based oleogel and its potency as a shortening replacer. *South African Journal of Chemical Engineering*, 43(1), 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.11.003>

- Syukri, D. (2021). *Bagan alir analisis proksimat bahan pangan (Volumetri dan gravimetri)*. Universitas Andalas Press.
- Talens, C., Garcia-Fontanals, L., Fabregat, P., & Ibarguen, M. (2023). Rational food design targeting micronutrient deficiencies in adolescents: Nutritional, acoustic-mechanical and sensory properties of chickpea-rice biscuits. *Foods*, 12(4), 952. <https://doi.org/10.3390/foods12040952>
- Wang, Q., Espert, M., Salvador, A., & Sanz, T. (2023). Shortening replacement by emulsion and foam template hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-based oleogels in puff pastry dough. Rheological and texture properties. *Current research in food science*, 7, 100558. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100558>
- Winarno, F. G. (1991). *Kimia Pangan dan Gizi Edisi 8*. Penerbit PT. Gramedia. Jakarta.
- Wulandari, N., Muchtadi, T. R., & Budijanto, S. (2011). Sifat Fisik Minyak Sawit Kasar dan Korelasinya dengan Atribut Mutu [Physical Properties of Crude Palm Oil and Their Correlations to the Quality Attributes]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(2), 177-177.
- Yılmaz, E., & Ögütcü, M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food & function*, 6(4), 1194-1204. <https://doi.org/10.1039/C5FO00019J>
- Zulfiqar, A., Shabbir, M. A., Tahir, F., Khan, M. R., Ahmed, W., Yıkmiş, S., Manzoor, M. F., Abdi, G., & Aadil, R. M. (2024). Development of oleogel by structuring the blend of corn oil and sunflower oil with beeswax to replace margarine in cookies. *Food Chemistry*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138636>