

Optimasi Formula Cokelat Batang yang Difortifikasi β -karoten Berdasarkan Uji Sensoris Menggunakan Metode Taguchi dan Zero-One

Optimization of β -Carotene-Fortified Chocolate Bar Formulation Based on Sensory Evaluation Using the Taguchi and Zero-One Methods

Gusmon Sidik^{1*}, Syahril Makosim², dan Setiarti Sukotjo¹

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Teknologi Indonesia, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

²Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Indonesia, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

*Penulis koresponden: gusmonsidik@iti.ac.id

Diterima: 3 Maret 2026

Direvisi: 19 Juni 2026

Disetujui: 19 Juni 2026

ABSTRACT

Consumer interest in functional food products has driven the need for innovation in chocolate bars through β -carotene fortification, a carotenoid compound that functions as an antioxidant and has the potential to support the prevention of Non-Communicable Diseases (NCDs) such as diabetes. This study aimed to ensure that β -carotene fortification does not reduce the quality of chocolate bars based on sensory evaluation, so that the product remains acceptable to consumers. The research applied an engineering approach using the Taguchi Method, selected for its ability to optimize formulations efficiently with a minimal number of experiments. Four factors were evaluated: cocoa nibs, cocoa butter, β -carotene, and sugar, each at three levels. The Zero-One Method was used to determine the best formulation based on sensory scores and technical constraints, as it enables optimal alternative selection under multi-criteria conditions. The analysis results showed that the formulation with the best sensory quality was Concept 5, with a total score of 22.22%. Concept 5 consisted of treatment A2 (200g cocoa nibs), B2 (235g cocoa butter), C3 (7g β -carotene), and D1 (250g sugar), which produced the most preferred sensory characteristics among consumers, including an attractive chocolate color, a strong cocoa aroma, a well-balanced sweet-bitter taste, a smooth texture that melted easily in the mouth, and an aftertaste that did not leave excessive bitterness. The β -carotene content of the selected formulation reached 91.12 $\mu\text{g/g}$ (equivalent to 0.091 mg/g). Consumption of 30 g of the chocolate bar per day can provide an intake of 2.73 mg of β -carotene, equivalent to 45.5–91.0% of the minimum recommended daily β -carotene intake range for humans. The results demonstrated that the application of the Taguchi Method and Zero-One Method was effective in optimizing the formulation of β -carotene-fortified chocolate bars, resulting in a product with desirable sensory quality and enhanced functional value.

Keywords: beta carotene; chocolate bar; sensory; taguchi; zero-one

ABSTRAK

Ketertarikan konsumen terhadap produk pangan fungsional mendorong perlunya inovasi pada cokelat batang melalui fortifikasi β -karoten, yakni senyawa karotenoid yang berfungsi sebagai antioksidan dan berpotensi mendukung upaya pencegahan penyakit tidak menular seperti diabetes. Penelitian ini bertujuan memastikan bahwa fortifikasi β -karoten tidak menurunkan mutu cokelat batang melalui uji sensoris, sehingga produk tetap dapat diterima oleh konsumen. Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa melalui Metode Taguchi, yang dipilih karena kemampuannya mengoptimasi formulasi dengan efisien menggunakan jumlah eksperimen minimal. Empat faktor yang digunakan, yaitu kakao nibs, lemak kakao, β -karoten, dan gula, masing-masing dengan tiga level. Metode Zero-One digunakan untuk menentukan formula terbaik berdasarkan nilai sensoris dan batasan teknis, karena metode ini memungkinkan pemilihan alternatif optimal secara biner pada kondisi multi-kriteria. Hasil analisis menunjukkan bahwa formulasi dengan mutu sensoris terbaik terdapat pada konsep 5, dengan total nilai 22,22%. Konsep 5 terdiri dari perlakuan A2 (Kakao Nibs 200 g), B2 (Lemak Kakao 235 g), C3 (β -karoten 7 g), dan D1 (Gula 250 g), yang menghasilkan karakteristik sensoris paling disukai oleh konsumen berdasarkan warna cokelat yang menarik, aroma kakao yang kuat, rasa manis pahit yang

proporsional, tekstur yang lembut dan mudah meleleh di mulut, serta *aftertaste* yang tidak meninggalkan rasa pahit berlebihan. Kandungan β -karoten pada formula terpilih mencapai 91,12 $\mu\text{g/g}$ atau setara dengan 0,091 mg/g. Konsumsi 30 g cokelat batang per hari dapat memberikan asupan sebesar 2,73 mg β -karoten, yang setara dengan 45,5–91,0% dari kisaran asupan minimal β -karoten harian pada manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Metode Taguchi dan *Zero-One* efektif dalam mengoptimasi formulasi cokelat batang fortifikasi β -karoten sehingga menghasilkan produk dengan mutu sensori yang baik dan nilai fungsional yang lebih tinggi.

Kata kunci: beta karoten; cokelat batang; sensori; taguchi; zero-one

PENDAHULUAN

Konsumsi cokelat dunia terus mengalami pertumbuhan signifikan, dengan ukuran pasar cokelat global mencapai USD 148,14 miliar pada tahun 2024, diproyeksikan meningkat menjadi USD 156,26 miliar pada tahun 2025, dan mencapai USD 255,58 miliar pada tahun 2034, dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 5,6% selama periode perkiraan. Faktor-faktor kunci yang mendorong permintaan meliputi penggunaan bahan-bahan berkualitas tinggi atau bergizi dalam produk cokelat, meningkatnya kesadaran akan manfaat kesehatan dari konsumsi cokelat, dan perubahan preferensi konsumen serta penawaran produk yang inovatif (Polaris 2025). Tren konsumsi cokelat di Indonesia terus menunjukkan peningkatan seiring dengan pertumbuhan kelas menengah, urbanisasi, dan meningkatnya pendapatan masyarakat, terutama di wilayah perkotaan (StatLedge 2023). Nilai pasar cokelat Indonesia mencapai USD 815 juta pada tahun 2022 dan diproyeksikan tumbuh dengan *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) sebesar 6,5% hingga tahun 2030, yang menunjukkan prospek pasar yang semakin berkembang (StatLedge 2023). Selain sebagai produk pangan yang cukup banyak diminati, cokelat juga memiliki nilai psikologis bagi konsumen. Mengonsumsi cokelat diketahui dapat memberikan rasa nyaman, meningkatkan suasana hati, membangkitkan perasaan senang, mengurangi stres, serta menciptakan pengalaman konsumsi yang menyenangkan (Mielmann et al. 2022). Całkosinski et al. (2019) juga mengatakan bahwa cokelat juga mampu memengaruhi aspek kognitif, respons sensorik, dan memori konsumen, baik secara positif maupun negatif. Matriks lemak dalam cokelat bersifat protektif bagi senyawa aktif sensitif, menjadikannya media yang ideal untuk menghantarkan zat gizi yang bersifat larut lemak ke dalam sistem pencernaan manusia (Beltrán et al. 2021). Fortunata et al. (2021) menyatakan bahwa cokelat batang merupakan salah satu jenis produk cokelat yang memiliki tingkat penerimaan yang tinggi pada berbagai kelompok konsumen serta berpotensi digunakan sebagai pembawa (*carrier*) berbagai komponen fungsional dan zat gizi tertentu.

Cokelat batang yang dominan memiliki rasa manis sangat disukai semua kalangan dan erat hubungannya dengan penyakit diabetes. Ayu et al. (2023) mengatakan bahwa masyarakat Indonesia suka mengonsumsi makanan manis, dalam sehari cenderung mengonsumsi makanan manis sebanyak dua hingga empat kali. *International Diabetes Federation* (2025) melaporkan bahwa diabetes merupakan salah satu masalah kesehatan utama pada kelompok usia 20–79 tahun yang dipengaruhi oleh pola makan dan gaya hidup yang kurang sehat. Selain itu, prevalensi penderita diabetes di tingkat global terus mengalami tren peningkatan yang signifikan dengan persentase kenaikan mencapai 44,8% secara global dan 40,2% di Indonesia, dari tahun 2024 hingga tahun 2050. Menghadapi tantangan tersebut, diperlukan inovasi pangan fungsional melalui pemanfaatan senyawa bioaktif tertentu, salah satunya adalah β -karoten. Senyawa β -karoten adalah senyawa karotenoid yang bersifat antioksidan, yang banyak ditemukan pada sumber nabati seperti wortel, labu kuning, dan minyak kelapa sawit merah (Sudarmonowati et al. 2020). Penggunaan β -karoten sebagai bahan fortifikasi dalam cokelat batang didasari oleh fungsinya yang ganda, yaitu sebagai pewarna alami sekaligus komponen bioaktif yang dapat meningkatkan nilai fungsional pangan (Rifqi et al. 2023). Selain itu, β -karoten diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam mengurangi stres oksidatif dan berpotensi menurunkan risiko diabetes tipe 2 dengan mengurangi resistensi insulin (Lampousi et al. 2024).

Marcelino et al. (2020) mengatakan bahwa β -karoten berpotensi membantu mencegah diabetes tipe 2 melalui aktivitas antioksidannya yang mampu mengendalikan stres oksidatif, sehingga dapat mengurangi risiko komplikasi yang berkaitan dengan penyakit diabetes. Diabetes yang tidak terkontrol dapat menyebabkan hiperglikemia kronis yang berkontribusi terhadap berbagai komplikasi kesehatan (Aliah dan Marliyanti 2025). Mekanisme ini didukung oleh temuan Maria et al. (2024) yang menegaskan bahwa asupan β -karoten secara signifikan dapat menurunkan risiko diabetes tipe 2 melalui kemampuannya dalam mengurangi resistensi insulin. Potensi β -karoten tersebut mendorong pengembangan berbagai produk pangan fungsional yang ditujukan untuk mendukung pengelolaan kadar glukosa darah. Yunieswati dan Suryaalam (2025) mengembangkan es krim berbahan pisang kepok dan porang sebagai alternatif camilan bagi penderita diabetes.

Namun, analisis yang dilakukan masih terbatas pada karakteristik sensori, proksimat, dan kadar gula, sehingga belum mengevaluasi kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan lebih lanjut. Saputra *et al.* (2024) juga mengembangkan biskuit substitusi tepung kulit singkong dan labu kuning yang menghasilkan kandungan β -karoten sebesar 63,03 $\mu\text{g/g}$. Meskipun demikian, penelitian tersebut tidak mengkaji pemanfaatan β -karoten sebagai bahan fortifikasi serta belum melakukan optimasi formulasi untuk memperoleh keseimbangan antara manfaat fungsional dan penerimaan sensori konsumen. Pemanfaatan β -karoten sebagai bahan fortifikasi telah banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai gizi sekaligus karakteristik fungsional produk pangan (Sidik 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Sidik *et al.* (2025) telah mengeksplorasi fortifikasi β -karoten pada coklat batang. Namun, penelitian tersebut belum menganalisis uji hedonik (tingkat kesukaan) secara komprehensif. Oleh karena itu, tingkat penerimaan konsumen terhadap produk tersebut secara sensoris belum diketahui secara menyeluruh. Uji sensoris menjadi sangat krusial karena penambahan bahan fortifikan sering kali dapat mengubah karakteristik produk, termasuk tekstur fisiknya (Ameliyah *et al.* 2025). Negara *et al.* (2014) dalam penelitiannya mengatakan bahwa, fortifikasi coklat batang dengan *Spirulina platensis* untuk memperkaya β -karoten menghasilkan produk yang masih bertekstur kasar atau berpasir (*sandy texture*), sebuah karakteristik yang belum sepenuhnya disukai oleh konsumen. Masalah tekstur ini muncul karena ukuran partikel fortifikan yang tidak homogen atau berbentuk serbuk kasar. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan β -karoten murni yang telah diekstrak dari wortel, guna mencegah terjadinya tekstur berpasir yang bersumber dari bahan fortifikan. Produk yang dihasilkan diharapkan tetap memiliki kelembutan tekstur khas coklat namun dengan nilai fungsional yang jauh lebih tinggi.

Menyeimbangkan konsentrasi β -karoten dengan karakteristik fisik coklat merupakan tantangan yang memerlukan metode optimasi yang akurat. Metode Taguchi digunakan untuk mengoptimasi parameter formula secara efisien melalui matriks *Orthogonal Array* yang mampu meminimalkan jumlah percobaan tetapi tetap menghasilkan produk yang tangguh (*robust*). Metode Taguchi merupakan pendekatan rekayasa yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dengan merancang eksperimen secara efektif dan efisien. Semakin banyak faktor yang digunakan maka semakin banyak eksperimen yang harus dilakukan, tetapi metode Taguchi dapat mereduksi variasi konsep produk, sehingga menghemat waktu dan biaya serta memungkinkan fokus pada konsep produk dengan potensi lebih tinggi untuk memenuhi preferensi konsumen (Halimah dan Ekawati 2020). Penelitian ini juga mengintegrasikan metode *Zero-One*, yang berfungsi sebagai alat pengambil keputusan untuk memberikan bobot prioritas pada atribut sensoris secara objektif. Kombinasi kedua metode ini menciptakan model optimasi yang holistik, baik dari sisi teknis formulasi maupun preferensi subjektif panelis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah riset sebelumnya, untuk menentukan formula coklat batang terbaik berdasarkan uji sensori sehingga diperoleh kombinasi bahan yang paling disukai dan memenuhi karakteristik mutu yang diharapkan konsumen, dilanjutkan dengan pengujian fisikokimia pada formula terpilih guna memastikan tingkat fortifikasi yang dihasilkan memenuhi kategori pangan fungsional serta berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan harian β -karoten.

METODE

Alat dan bahan

Alat yang digunakan yaitu *Ball Mill*, *conche*, *Colorimeter CS-10*, *Texture Analyzer IMADA FRTS-50N-I*, oven Memmert Un 55 531, *muffle furnace* (tanur) *Carbolite Gero CWF 1100*, termometer/*thermogun*, mortal dan alu, botol timbang, desikator, krus porselen, *hotplate*, labu kjedahl, bunsen, lemari asam, satu set alat destilasi, labu lemak, soxhlet, kompor dan gas, cetakan coklat, neraca analitik, dan alat lainnya. Bahan yang digunakan yaitu kakao nibs, lemak kakao, β -karoten bubuk Cl. 75130 (β -carotenes) yang berasal dari ekstrak wortel dan digunakan sebagai bahan fortifikan, gula halus merek Bola Deli, susu bubuk *fullcream* merek Indomilk, *vanili oil*, *lesitin oil*, CuSO_4 , K_2SO_4 , H_2SO_4 98%, serbuk Zn, NaOH 50%, NaOH 0,1 N, HCl 0,1 N, Indikator Metil Merah 1%, pelarut heksan, aluminium foil, dan kertas label.

Bubuk β -karoten yang digunakan merupakan karotenoid alami yang termasuk Bahan Tambahan Pangan (BTP) dan diizinkan penggunaannya berdasarkan Peraturan BPOM (2019) Nomor 11 tentang Bahan Tambahan Pangan, dengan kode produk CI No. 75130 (β -carotenes).

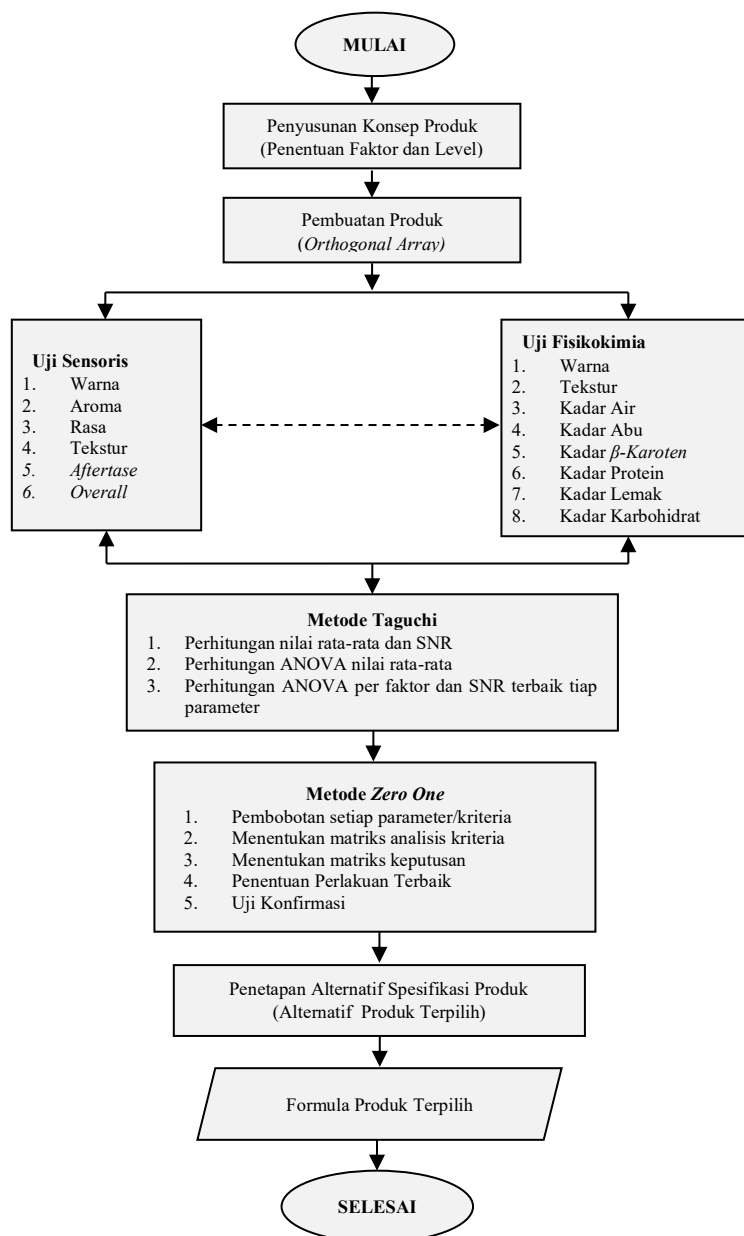
Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan Metode Taguchi dengan empat faktor formulasi, yaitu kakao nibs, lemak kakao, β -karoten, dan gula. Masing-masing faktor ditetapkan pada tiga level yang berbeda untuk mengkaji pengaruhnya terhadap karakteristik sensori coklat batang. Rancangan percobaan disusun menggunakan

matriks *Orthogonal Array* L9 (3^4), sehingga diperoleh sembilan kombinasi perlakuan yang mewakili seluruh faktor penelitian. Penggunaan rancangan ini memungkinkan pengurangan jumlah percobaan secara signifikan dibandingkan rancangan faktorial penuh sebanyak 81 kombinasi perlakuan (3^4), tetapi tetap mampu mengevaluasi pengaruh setiap faktor secara sistematis dan efisien

Tahapan Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penyusunan Konsep Produk. Faktor yang digunakan meliputi kakao nibs, lemak kakao, β -karoten, dan gula, dengan variasi level yang disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sidik et al. (2025). Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang berfokus pada optimasi karakteristik sensori produk yang belum dianalisis pada penelitian sebelumnya, dengan menggunakan Metode Taguchi dan analisis Zero-One. Oleh karena itu, faktor dan level yang digunakan pada penelitian sebelumnya dipertahankan untuk menjaga konsistensi perlakuan serta memungkinkan perbandingan hasil penelitian secara lebih objektif. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi formulasi yang merepresentasikan kombinasi bahan yang disukai oleh

panelis. Penentuan derajat bebas dan level pada masing-masing faktor atau pamater desain pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Penentuan derajat bebas pada parameter desain

Parameter Desain	Level	Derajat Bebas
Kakao Nibs (g)	3	3-1 = 2
Lemak Kakao (g)	3	3-1 = 2
β -karoten (g)	3	3-1 = 2
Gula (g)	3	3-1 = 2
Total		8

Tabel 2. Penentuan level faktor pada parameter desain

Kode	Parameter Desain	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kakao Nibs (g)	150	200	250
B	Lemak Kakao (g)	200	235	270
C	β -karoten (g)	3	5	7
D	Gula (g)	250	300	350

*Penentuan faktor dan level berdasarkan formulasi yang dilakukan oleh Sidik *et al.* (2025).

Pembuatan Produk. Pembuatan produk dilakukan berdasarkan rancangan percobaan yang telah ditetapkan menggunakan metode Taguchi dengan pendekatan *Orthogonal Array*. Setiap faktor dan level pada Tabel 2 dilakukan running pada *Software Minitab* sehingga formula yang muncul sebanyak 9 konsep seperti pada Tabel 3. Setiap formulasi coklat batang diproduksi sesuai perlakuan yang telah ditentukan, dengan proses pengolahan yang sama untuk seluruh sampel agar perbedaan hasil yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh variasi formulasi.

Tabel 3. Matriks Orthogonal Array

Konsep (Eksperimen)	Parameter desain			
	Kakao Nibs (g)	Lemak Kakao (g)	β -karoten (g)	Gula (g)
1	150	200	3	250
2	150	235	5	300
3	150	270	7	350
4	200	200	5	350
5	200	235	7	250
6	200	270	3	300
7	250	200	7	300
8	250	235	3	350
9	250	270	5	250

Pengujian Sensoris. Pengujian sensoris dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan dan preferensi panelis terhadap coklat batang hasil formulasi. Parameter yang diuji meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, *aftertaste*, dan *overall*. Panelis pada penelitian ini berjumlah 30 orang dengan kategori panelis tidak terlatih (SNI 01-2345 2006). Instrumen pengujian sensoris telah disetujui oleh *Ethical Clearance* Direktorat Penelitian, Universitas Gadjah Mada dengan nomor KE/UGM/084/EC/2023, dengan pengujian skala 1 (Sangat Tidak Suka) hingga 5 (Sangat Suka). Hasil uji sensoris digunakan sebagai dasar utama dalam penilaian sensori dan penentuan formulasi terbaik berdasarkan kesukaan konsumen.

Analisis data

Analisis Data Taguchi. Metode Taguchi menerapkan Rasio *Signal to Noise* (S/N) sebagai dasar evaluasi pengaruh setiap faktor dalam analisis. Parameter dianalisis menggunakan dua kriteria utama, yaitu *smaller the better* dan *larger the better*, yang disesuaikan dengan tujuan mutu masing-masing parameter. Pada penelitian ini, pengujian sensoris dianalisis dengan pendekatan *larger the better*, karena nilai sensoris yang lebih tinggi menunjukkan tingkat penerimaan yang lebih baik atau semakin disukai panelis.

$$\text{Larger the Better SNR} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (1)$$

Penggunaan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada metode taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data hasil eksperimen dalam hitungan pengerjaannya sebagai berikut:
Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

\bar{y} = Nilai rata-rata eksperimen
 $\sum y$ = Jumlah nilai setiap eksperimen
 n = Ulangan

Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor:

$$\bar{y}_{ijk} = \frac{\sum y_{ijk}}{n_{ijk}} \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{y}_{ijk} = Nilai rata-rata setiap level faktor
 y_{ijk} = Nilai setiap level faktor
 n_{ijk} = Ulangan setiap level faktor

Menghitung rumus jumlah kuadrat total (SST) atau *total sum square*:

$$SST = \sum y^2 \quad (4)$$

Keterangan:

y = Data replikasi

Menghitung rumus nilai jumlah kuadrat rata-rata (*Ssmean*) nilai jumlah kuadrat rata-rata (*Ssmean*) atau *sum of square due to mean*:

$$Ssmean = n \cdot \bar{y}^2 \quad (5)$$

Keterangan:

n = Total replikasi

Menghitung nilai *sum of squares due to factors* (misal faktor A):

$$SSA = [(A1)^2 xn1] + [(A1)^2 xn2] + \dots + [(Ai)^2 xn1] - Ssmean \quad (6)$$

Menghitung nilai jumlah kuadrat eror (Se) atau *sum of square due to eror*:

$$SSe = SST - Ssmean - SSA - SS_B - SS_n \quad (7)$$

Membuat tabel ANOVA dan menghitung rumus derajat kebebasan faktor:

$$v = (\text{number of levels} - 1) \quad (8)$$

Menghitung rumus derajat kebebasan total:

$$vr = (\text{number of experiment} - 1) \quad (9)$$

Menghitung nilai *mean of square*:

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (10)$$

Menghitung rumus nilai F-rasio:

$$F \text{ ratio} = \frac{MS \text{ pada masing-masing faktor}}{MS \text{ error}} \quad (11)$$

Menghitung rumus SS (*pure sum of square*) pada masing-masing faktor:

$$SS' = SS \text{ faktor} - (v \text{ faktor} \times MS \text{ error}) \quad (12)$$

Menghitung rumus ρ (%):

$$\rho A = \frac{SSA}{SST} \times 100\% \quad (13)$$

Analisis Data Zero-One.

1. Pembobotan Setiap Parameter/Kriteria Berdasarkan Nilai SNR

Setiap parameter sensoris yang dianalisis (warna, aroma, rasa, tekstur, *aftertaste*, dan *overall*) diberi bobot berdasarkan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) hasil analisis metode Taguchi. Bobot ini kemudian dinormalisasi sehingga total bobot seluruh parameter bernilai satu.

2. Penentuan Matriks Analisis Kriteria

Matriks analisis kriteria disusun dengan mengalikan nilai performansi setiap alternatif produk terhadap masing-masing parameter dengan bobot parameter yang telah ditentukan. Matriks ini berfungsi untuk mengintegrasikan kontribusi setiap kriteria dalam satu kerangka evaluasi yang terukur dan sebanding.

3. Penentuan Matriks Keputusan

Matriks keputusan dibentuk dengan mengonversi hasil matriks analisis kriteria ke dalam bentuk nilai biner (0 dan 1). Nilai "1" diberikan apabila performansi suatu alternatif memenuhi atau melampaui nilai acuan (*cut-off*) yang ditetapkan, sedangkan nilai "0" diberikan apabila tidak memenuhi kriteria.

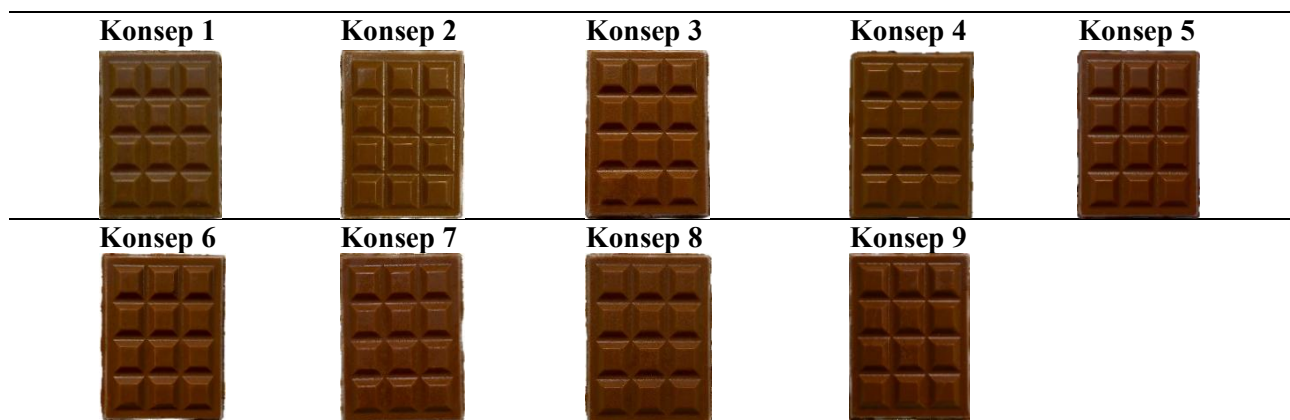
4. Penentuan Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan total nilai dari matriks keputusan, alternatif dengan jumlah nilai tertinggi dipilih sebagai formula optimal. Alternatif ini dianggap memiliki kinerja paling baik secara keseluruhan karena mampu memenuhi sebagian besar kriteria yang ditetapkan dengan bobot kepentingan yang telah diperhitungkan.

Prosedur Analisis Fisikokimia. Pengujian fisikokimia dilakukan pada formula coklat batang terpilih untuk memastikan karakteristik mutu dan kandungan gizinya. Parameter yang dianalisis meliputi warna menggunakan *Colorimeter*, kekerasan menggunakan *Texture Analyzer*, kadar air dengan metode pengeringan (*Termogravimetri*) menggunakan oven, kadar abu dengan metode pengabuan kering menggunakan tanur, kadar protein dengan metode Kjeldahl, kadar lemak dengan metode Soxhlet, kadar karbohidrat dengan metode *by difference*, dan kadar β -karoten dianalisis melalui ekstraksi pelarut, pemurnian menggunakan kromatografi kolom alumina, dan kuantifikasi dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 450 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sensoris pada Tabel 4 menunjukkan bahwa setiap konsep coklat batang memberikan respon panelis yang berbeda pada seluruh atribut pengamatan, yaitu warna, aroma, rasa, tekstur, *aftertaste*, dan *overall*. Analisis menggunakan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dengan pendekatan *larger the better* menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan pada masing-masing konsep berpengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan panelis. Nilai SNR yang lebih tinggi mengindikasikan performa sensoris yang lebih baik dan lebih konsisten, sehingga konsep dengan nilai SNR tertinggi pada sebagian besar parameter dapat dianggap lebih stabil dan disukai oleh konsumen. Visualisasi produk yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Visualisasi produk coklat batang yang difortifikasi β -karoten

Berdasarkan hasil ANOVA terhadap nilai rata-rata (\bar{x}), setiap konsep menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$), yang ditandai dengan perbedaan notasi huruf pada masing-masing parameter. Hal ini menunjukkan bahwa variasi formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap persepsi sensoris panelis, baik secara parsial pada setiap atribut maupun secara keseluruhan.

Perubahan tingkat kakao nibs, lemak kakao, gula, dan β -karoten terbukti memengaruhi karakteristik sensoris coklat batang yang dihasilkan.

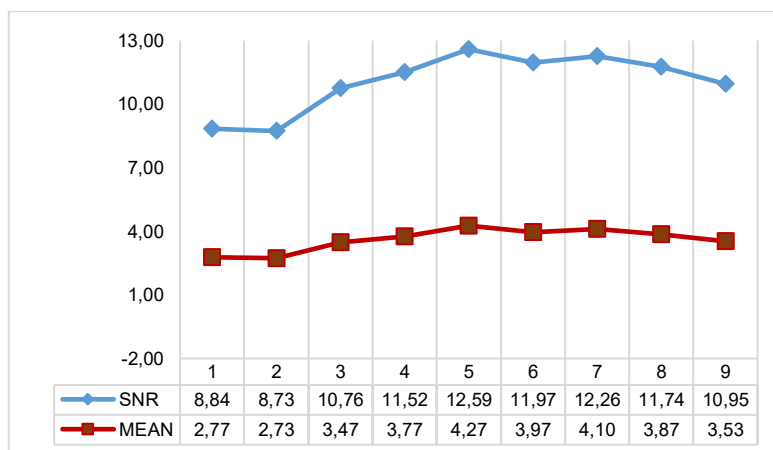
Tabel 4. Hasil pengujian sensoris dan ANOVA

Konsep	Warna		Aroma		Rasa		Tekstur		Aftertaste		Overall	
	SNR	\bar{x}	SNR	\bar{x}	SNR	\bar{x}	SNR	\bar{x}	SNR	\bar{x}	SNR	\bar{x}
1	8,84	2,77 ^a	9,63	3,03 ^a	9,14	2,87 ^a	10,62	3,40 ^a	9,32	2,93 ^a	8,91	2,80 ^a
2	8,73	2,73 ^a	11,66	3,83 ^{cd}	12,02	4,00 ^c	10,53	3,37 ^a	11,67	3,83 ^c	11,89	3,93 ^{de}
3	10,76	3,47 ^b	10,51	3,37 ^b	9,64	3,03 ^{ab}	10,96	3,53 ^a	9,54	3,00 ^a	9,80	3,10 ^b
4	11,52	3,77 ^c	11,03	3,57 ^{bc}	9,73	3,07 ^{ab}	11,04	3,57 ^a	10,62	3,40 ^b	10,34	3,30 ^{bc}
5	12,59	4,27 ^c	1257	4,27 ^c	12,31	4,13 ^c	12,53	4,23 ^c	11,82	3,90 ^c	12,25	4,10 ^c
6	11,97	3,97 ^{cd}	11,97	3,97 ^d	11,28	3,67 ^d	12,32	4,13 ^c	11,51	3,77 ^c	12,18	4,07 ^c
7	12,26	4,10 ^{de}	11,58	3,8 ^{cd}	10,46	3,33 ^c	11,50	3,77 ^b	10,53	3,37 ^b	11,44	3,73 ^d
8	11,74	3,87 ^c	11,43	3,73 ^{cd}	9,98	3,17 ^{bc}	11,89	3,93 ^b	9,90	3,13 ^a	10,79	3,47 ^c
9	10,95	3,53 ^b	11,28	3,67 ^c	9,32	2,93 ^a	11,66	3,83 ^b	9,82	3,10 ^a	10,36	3,30 ^{bc}

Keterangan: Nilai rata-rata (\bar{x}) yang diikuti oleh notasi huruf (a, b, c, d, dan e) yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik pada taraf signifikansi 5% (0,05).

Warna

Grafik respon rata-rata dan SNR pada Gambar 3 menunjukkan nilai masing-masing faktor formulasi terhadap karakteristik warna coklat batang. Berdasarkan grafik SNR, nilai SNR tertinggi mengindikasikan kondisi formulasi paling optimal dalam menghasilkan warna coklat yang diinginkan panelis. Pola kenaikan dan penurunan nilai S/N menunjukkan bahwa perubahan level faktor berpengaruh nyata terhadap persepsi warna produk.



Gambar 3. Grafik rata-rata dan SNR warna

Hasil ANOVA warna pada Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor kakao nibs (A) memberikan kontribusi paling besar terhadap respon warna, yaitu sebesar 71,30% dan bersifat signifikan ($F_{hitung} > F_{tabel}$). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah kakao nibs merupakan faktor dominan dalam pembentukan warna coklat batang. Kandungan senyawa polifenol dan produk reaksi Maillard selama proses pemanggangan berperan penting dalam menghasilkan warna coklat yang lebih gelap dan intens (Prasetyanto *et al.* 2022). Faktor β -karoten (C) juga berpengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 22,84%. Meskipun kontribusinya lebih kecil dibandingkan kakao nibs, keberadaan β -karoten tetap berperan dalam karakteristik akhir warna coklat batang. Selain itu, faktor gula (D) memberikan pengaruh signifikan namun dengan kontribusi relatif kecil, yaitu 1,93%, dan lemak kakao (B) tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap respon warna, dengan kontribusi hanya 0,79%, yang mengindikasikan bahwa variasi jumlah lemak kakao lebih berperan pada tekstur dibandingkan atribut warna. Kakao nibs melalui proses roasting sebelum diolah menjadi coklat, sehingga biji kakao menjadi tahap kunci dalam pengembangan warna dan aroma, yang menghasilkan warna coklat lebih gelap dan cita rasa yang lebih kuat (Haryadi dan Supriyanto 2017).

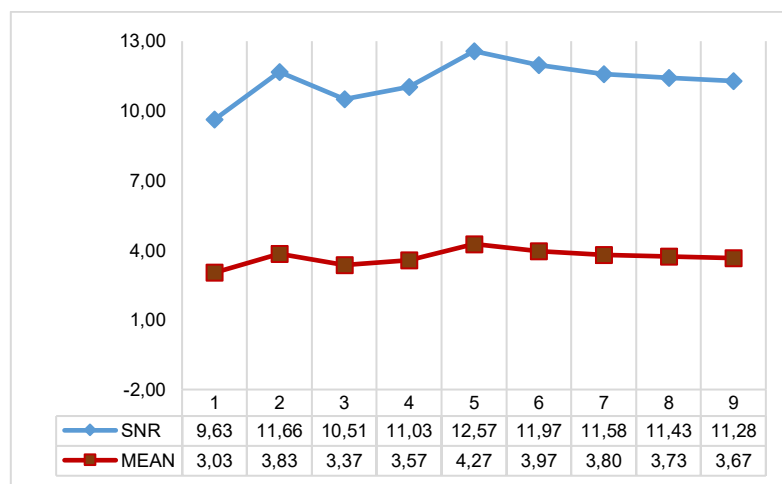
Tabel 5. Perhitungan ANOVA rata-rata warna

ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	5,29	5,29	2,64	204,03	3,55	Significant	71,30%
2	Lemak Kakao (B)	2	0,06	0,06	0,03	2,26	3,55	In-Significant	0,79%
3	β -karoten (C)	2	1,69	1,69	0,85	65,34	3,55	Significant	22,84%
4	Gula (D)	2	0,14	0,14	0,07	5,51	3,55	Significant	1,93%
Error		18	0,23	0,23	0,01				3,15%
Total		26	7,42						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel.

Aroma

Grafik respon rata-rata dan SNR pada Gambar 4 menunjukkan bahwa, kombinasi perlakuan yang menghasilkan nilai SNR tertinggi mengindikasikan kondisi formulasi paling optimal dalam menghasilkan aroma coklat yang disukai panelis. Pola fluktuasi nilai SNR menunjukkan bahwa perubahan level setiap faktor memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas dan penerimaan aroma produk.



Gambar 4. Grafik rata-rata dan SNR aroma

Hasil ANOVA aroma pada Tabel 6 menunjukkan bahwa faktor kakao nibs (A) memberikan kontribusi terbesar terhadap respon aroma, yaitu sebesar 36,55% dan bersifat signifikan (F-hitung > F-tabel). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah kakao nibs merupakan faktor dominan dalam pembentukan aroma coklat batang. Proses fermentasi dan penyangraian biji kakao menghasilkan berbagai senyawa volatil, seperti aldehid, keton, ester, dan pirazin, yang berperan utama dalam membentuk aroma khas coklat saat dikonsumsi (Haryadi dan Supriyanto 2017).

Tabel 6. Perhitungan ANOVA rata-rata aroma

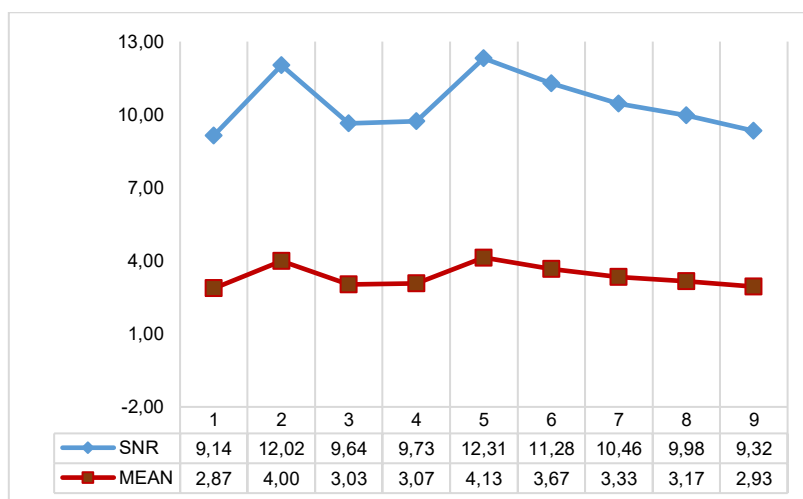
ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	1,25	1,25	0,62	25,95	3,55	Significant	36,55%
2	Lemak Kakao (B)	2	1,04	1,04	0,52	21,52	3,55	Significant	30,31%
3	β -karoten (C)	2	0,25	0,25	0,12	5,09	3,55	Significant	7,17%
4	Gula (D)	2	0,45	0,45	0,23	9,43	3,55	Significant	13,28%
Error		18	0,43	0,43	0,02				12,68%
Total		26	3,42						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel.

Rasa

Faktor lemak kakao (B) juga menunjukkan pengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 30,31%. Lemak kakao berperan sebagai media pembawa (flavor carrier) senyawa volatil, sehingga memengaruhi pelepasan dan persepsi aroma selama proses konsumsi. Faktor gula (D) juga memberikan pengaruh dengan kontribusi sebesar 13,28%, dan faktor β -karoten (C) memberikan kontribusi paling kecil, yaitu sebesar 7,17%, meskipun tetap signifikan, menunjukkan bahwa gula dan β -karoten tidak menjadi faktor utama pembentuk aroma. Lada et al. (2014) menyatakan bahwa, panelis lebih menyukai cokelat batang dengan aroma cokelat yang kuat dibanding aroma cokelat yang lemah.

Grafik nilai rata-rata dan SNR pada Gambar 5 menunjukkan respons karakteristik rasa cokelat batang terhadap variasi kombinasi formulasi yang diterapkan. Perubahan nilai SNR pada setiap level faktor mengindikasikan bahwa perbedaan komposisi bahan memberikan pengaruh nyata terhadap persepsi rasa produk, terutama dalam menentukan keseimbangan antara sensasi manis dan pahit yang diterima oleh panelis.



Gambar 5. Grafik rata-rata dan SNR rasa

Hasil ANOVA pada Tabel 7 menunjukkan bahwa lemak kakao (B) merupakan faktor dengan kontribusi terbesar terhadap respon rasa, yaitu sebesar 42,35%. Lemak kakao berperan penting sebagai pembawa senyawa flavor serta memengaruhi sensasi leleh di mulut karena titik lelehnya yang mendekati suhu tubuh ($\sim 37^{\circ}\text{C}$). Selain itu, lemak kakao diketahui mampu menurunkan intensitas rasa pahit yang kurang diinginkan, sehingga membantu menyeimbangkan profil rasa cokelat batang secara keseluruhan (Brown et al. 2023). Faktor gula (D) juga memberikan pengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 27,56%, yang berkaitan langsung dengan tingkat kemanisan dan preferensi sensoris konsumen. Preferensi konsumen terhadap cokelat batang umumnya cenderung pada profil rasa sedikit manis hingga manis, sementara rasa pahit masih dapat diterima dalam proporsi tertentu (Fortunata et al. 2021). Selanjutnya, kakao nibs (A) berkontribusi sebesar 19,27%, yang berhubungan dengan kandungan senyawa polifenol penyusun cita rasa khas kakao (Haryadi dan Supriyanto 2017). Sementara itu, β -karoten (C) memberikan kontribusi paling kecil, yaitu sebesar 5,89%, yang menunjukkan bahwa fortifikasi β -karoten tidak menjadi faktor dominan pembentuk rasa dan dapat diaplikasikan tanpa menurunkan penerimaan sensoris produk.

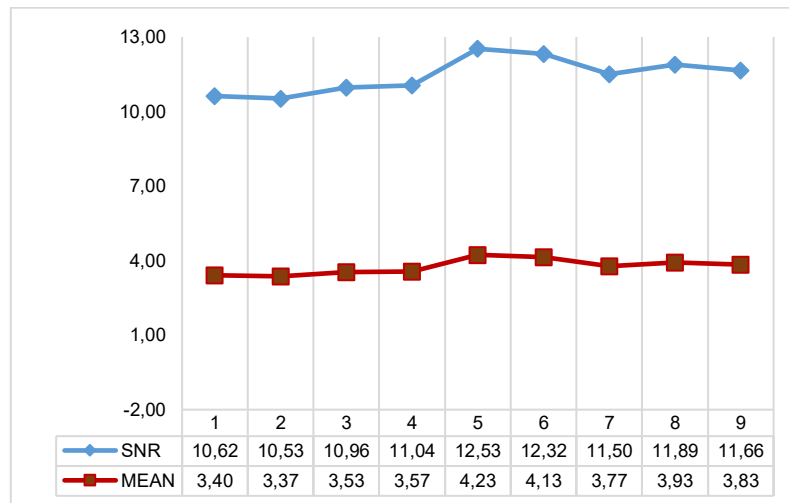
Tabel 7. Perhitungan ANOVA rata-rata rasa

ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	1,07	1,07	0,53	35,20	3,55	Significant	19,27%
2	Lemak Kakao (B)	2	2,35	2,35	1,17	77,34	3,55	Significant	42,35%
3	β -karoten (C)	2	0,33	0,33	0,16	10,76	3,55	Significant	5,89%
4	Gula (D)	2	1,53	1,53	0,76	50,34	3,55	Significant	27,56%
	Error	18	0,27	0,27	0,02				4,93%
	Total	26	5,55						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel.

Tekstur

Perubahan nilai SNR pada setiap level perlakuan memperlihatkan adanya perbedaan kestabilan dan konsistensi tekstur yang dihasilkan. Nilai SNR yang lebih tinggi mengindikasikan kombinasi formulasi yang mampu menghasilkan tekstur coklat yang sesuai dengan preferensi panelis. Grafik respon nilai rata-rata dan SNR Tekstur dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan hasil ANOVA tekstur pada Tabel 8, faktor lemak kakao (B) memberikan kontribusi terbesar terhadap respon tekstur, yaitu sebesar 57,36% (signifikan). Hal ini menunjukkan bahwa lemak kakao merupakan faktor utama dalam menentukan struktur, kekerasan, dan kelembutan coklat batang. Lemak kakao berperan dalam membentuk matriks padat yang stabil sekaligus menentukan sifat plastis produk, sehingga sangat memengaruhi karakteristik tekstur akhir coklat (Haryadi dan Supriyanto 2017).



Gambar 6. Grafik rata-rata dan SNR tekstur

Faktor kakao nibs (A) dan gula (D) juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap tekstur dengan kontribusi masing-masing sebesar 16,21% dan 14,27%, sedangkan β -karoten (C) memberikan kontribusi paling kecil, yaitu 3,72%. Lemak kakao berperan penting dalam menentukan titik leleh coklat yang mendekati suhu tubuh manusia, sehingga menghasilkan sensasi meleleh di mulut yang khas dan disukai konsumen (Isyanti et al. 2015). Kombinasi faktor-faktor tersebut menunjukkan bahwa pengaturan proporsi lemak kakao menjadi kunci utama dalam menghasilkan tekstur coklat batang yang optimal tanpa mengabaikan peran bahan lainnya.

Tabel 8. Perhitungan ANOVA rata-rata tekstur

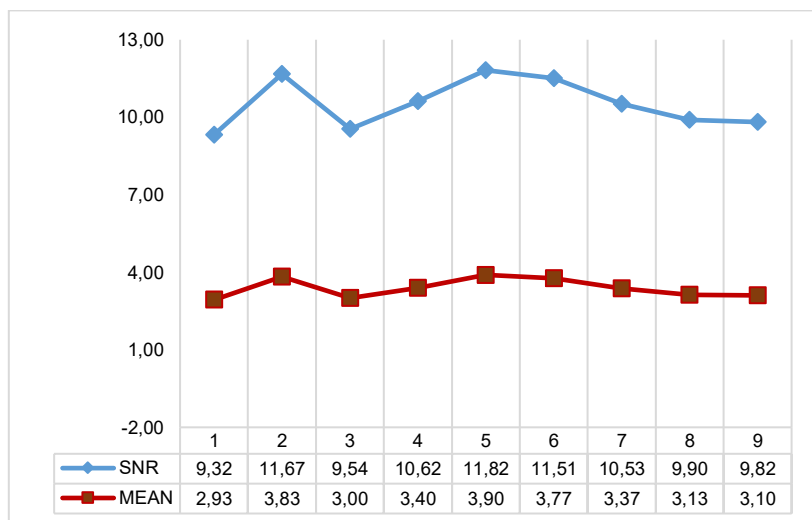
ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	0,41	0,41	0,20	17,28	3,55	Significant	16,21%
2	Lemak Kakao (B)	2	1,45	1,45	0,72	61,16	3,55	Significant	57,36%
3	β -karoten (C)	2	0,09	0,09	0,05	3,97	3,55	Significant	3,72%
4	Gula (D)	2	0,36	0,36	0,18	15,22	3,55	Significant	14,27%
Error		18	0,21	0,21	0,01				8,44%
Total		26	2,53						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel

Aftertaste

Aftertaste adalah sensasi rasa yang masih tertinggal dan dirasakan di mulut setelah produk pangan ditelan atau tidak lagi dikunyah, yang mencerminkan keseimbangan dan intensitas komponen rasa pada tahap akhir konsumsi. Nilai SNR yang rendah mengindikasikan ketidakseimbangan intensitas rasa yang dirasakan pada akhir konsumsi. Grafik respon nilai rata-rata dan SNR *aftertaste* dapat dilihat pada Gambar 7. Tabel 9 merupakan hasil analisis ANOVA *aftertaste*, yang menyatakan bahwa faktor kakao nibs (A) memberikan

kontribusi terbesar, yaitu sebesar 36,42% (signifikan). Hal ini menunjukkan bahwa karakter pahit alami dari kakao nibs menjadi faktor dominan dalam membentuk *aftertaste* coklat batang. Senyawa fenolik dan alkaloid pada kakao berperan dalam menghasilkan sensasi pahit yang bertahan lebih lama, sehingga sangat menentukan karakter akhir rasa produk (Sidik et al. 2025).



Gambar 7. Grafik rata-rata dan SNR *aftertaste*

Selain kakao nibs, faktor gula (D) juga menunjukkan pengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 30,90%, diikuti oleh lemak kakao (B) sebesar 22,49%, sedangkan β -karoten (C) memberikan kontribusi paling kecil, yaitu 4,16%. Interaksi antara rasa pahit dari kakao nibs dan rasa manis dari gula menentukan keseimbangan intensitas *aftertaste*. *Aftertaste* yang seimbang cenderung menghasilkan sensasi rasa yang kompleks, bertahan lama, dan menyenangkan, sementara ketidakseimbangan dapat memunculkan kesan terlalu pahit, terlalu manis, atau tajam setelah dikonsumsi (Haryadi dan Supriyanto 2017).

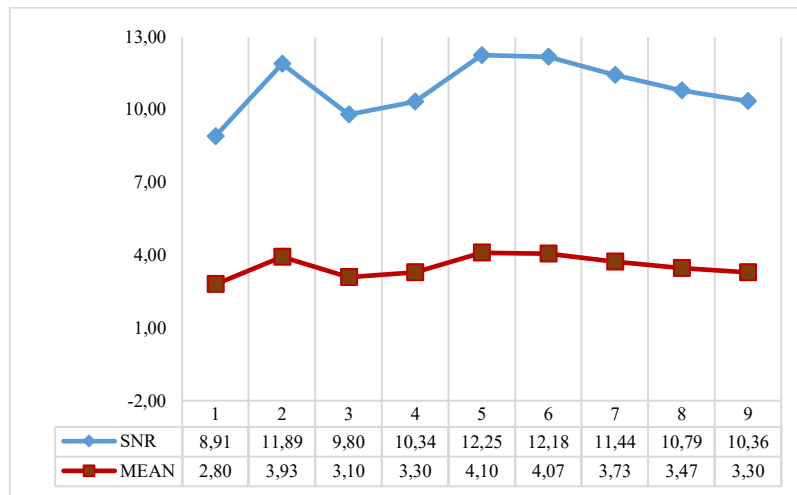
Tabel 9. Perhitungan ANOVA rata-rata *aftertaste*

ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	1,29	1,29	0,64	54,41	3,55	Significant	36,42%
2	Lemak Kakao (B)	2	0,80	0,80	0,40	33,59	3,55	Significant	22,49%
3	β -karoten (C)	2	0,15	0,15	0,07	6,22	3,55	Significant	4,16%
4	Gula (D)	2	1,09	1,09	0,55	46,16	3,55	Significant	30,90%
Error		18	0,21	0,21	0,01				6,03%
Total		26	3,54						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel

Overall

Penilaian kesukaan menyeluruh terhadap suatu produk yang mencerminkan persepsi total konsumen setelah mengintegrasikan seluruh atribut sensori, seperti warna, aroma, rasa, tekstur, dan *aftertaste*, sehingga menggambarkan tingkat penerimaan produk secara umum (suka atau tidak suka). Kombinasi perlakuan dengan nilai SNR tertinggi merepresentasikan kondisi formulasi yang paling stabil dan konsisten dalam menghasilkan kesukaan panelis terhadap produk secara umum, karena atribut *overall* merupakan integrasi dari warna, aroma, rasa, tekstur, dan *aftertaste*. Grafik respon nilai rata-rata dan SNR *overall* dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 10, seluruh faktor formulasi berpengaruh signifikan terhadap respon *overall* pada tingkat kepercayaan 95% (F-hitung > F-tabel). Faktor gula (D) memberikan kontribusi terbesar, yaitu sebesar 37,83%, diikuti oleh lemak kakao (B) sebesar 27,01% dan kakao nibs (A) sebesar 25,74%. Dominannya pengaruh gula menunjukkan bahwa tingkat kemanisan merupakan atribut yang paling cepat dikenali dan menjadi penentu utama kesukaan konsumen terhadap coklat batang, karena berperan langsung dalam menyeimbangkan rasa pahit dan asam yang berasal dari kakao nibs (Haryadi dan Supriyanto 2017).



Gambar 8. Grafik rata-rata dan SNR overall

Lemak kakao juga berperan penting dalam meningkatkan penerimaan overall dengan menurunkan intensitas rasa yang kurang diinginkan serta memberikan sensasi leleh yang lebih halus di mulut, sehingga pengalaman konsumsi menjadi lebih nyaman (Fortunata *et al.* 2021). Sementara itu, β -karoten (C) memberikan kontribusi yang lebih kecil terhadap respon overall, yaitu sebesar 3,56%, yang menunjukkan bahwa fortifikasi β -karoten tidak secara dominan memengaruhi kesukaan keseluruhan, namun tetap berkontribusi tanpa menurunkan mutu sensori produk.

Tabel 10. Perhitungan ANOVA rata-rata overall

ANOVA									
No	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj Mean Square	F-Hitung	F-Table	P	% Contribution
1	Kakao Nibs (A)	2	1,35	1,35	0,67	39,59	3,55	Significant	25,74%
2	Lemak Kakao (B)	2	1,42	1,42	0,71	41,54	3,55	Significant	27,01%
3	β -karoten (C)	2	0,19	0,19	0,09	5,48	3,55	Significant	3,56%
4	Gula (D)	2	1,98	1,98	0,99	58,17	3,55	Significant	37,83%
	Error	18	0,31	0,31	0,02				5,85%
	Total	26	5,24						100,00%

Keterangan: Dinyatakan signifikan apabila F-hitung > F-tabel

Penentuan Konsep Produk Terbaik

Hasil analisis matriks keputusan pada [Lampiran 1](#) menunjukkan bahwa atribut sensori yang paling berpengaruh dalam penentuan perlakuan terbaik adalah tekstur (17,45%), aroma (17,21%), dan overall (16,59%). Tingginya bobot ketiga atribut tersebut mengindikasikan bahwa konsumen tidak hanya menilai produk berdasarkan satu karakteristik sensori tertentu, tetapi melalui persepsi menyeluruh yang dipengaruhi oleh kenyamanan tekstur, intensitas aroma, serta tingkat penerimaan secara umum. Berdasarkan perhitungan nilai total, Konsep Produk 5 memperoleh skor tertinggi sebesar 22,22% dan menempati peringkat pertama dibandingkan konsep lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa Konsep Produk 5 merupakan alternatif formulasi paling optimal berdasarkan kombinasi seluruh atribut sensori yang dievaluasi. Keunggulan Konsep Produk 5 didukung oleh kontribusi nilai tinggi pada hampir semua atribut, terutama aroma, rasa, tekstur, *aftertaste*, dan overall. Konsep Produk 5 memiliki kombinasi perlakuan A2 (kakao nibs 200 g), B2 (lemak kakao 235 g), C3 (β -karoten 7 g), dan D1 (gula 250 g). Kombinasi ini mampu menghasilkan keseimbangan karakteristik sensori yang disukai konsumen, sekaligus tetap mempertahankan kandungan β -karoten yang tinggi. Hal ini memperkuat bahwa pendekatan pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria efektif dalam menentukan formulasi produk cokelat batang yang optimal. Hasil pengujian fisikokimia konsep produk terbaik dapat dilihat pada Tabel 11.

Hasil analisis fisikokimia menunjukkan bahwa produk terpilih memiliki kadar air 1,46% dan kadar abu 2,23% yang masih memenuhi standar SNI cokelat batang. Kandungan lemak yang tinggi sebesar 40,10% juga sesuai dengan karakteristik cokelat batang, sementara kadar protein dan karbohidrat mencerminkan komposisi bahan baku yang digunakan. Kandungan β -karoten pada cokelat sebesar 91,12 μ g/g, menunjukkan

keberhasilan fortifikasi yang memberikan nilai tambah fungsional pada produk. Kadar β -karoten pada cokelat batang tanpa tambahan β -karoten sebesar 3,43 $\mu\text{g/g}$, sedangkan hasil penelitian Negara et al. (2014) menunjukkan kadar β -karoten sebesar 70,33 $\mu\text{g/g}$ dengan penambahan *Spirulina platensis* sebanyak 5%.

Tabel 11. Pengujian fisikokimia konsep produk terbaik

Paramater pengamatan	Hasil analisis	Standar <i>milk chocolate</i>	Sumber
Warna	11,80	-	-
Kekerasan	39,35 N	-	-
Kadar Air	1,46%	$\leq 2\%$	SNI 3749, 2009
Kadar Abu	2,23%	$\leq 14\%$	SNI 3749, 2009
Kadar Protein	9,33%	5,98-7,05%	Negara et al. (2014); Isyanti et al. (2015)
Kadar Lemak	40,10%	$>31\%$	SNI 7934, 2014
Kadar Karbohidrat	46,88%	-	-
Kadar β -karoten	91,12 $\mu\text{g/g}$	70,33 $\mu\text{g/g}$	Cokelat Batang <i>Spirulina platensis</i> 5% (b/b) (Negara et al. 2014)

Menurut Torales et al. (2019), total asupan karotenoid harian berkisar antara 9,5–16 mg/hari, dengan β -karoten menyumbang sekitar 3–6 mg/hari. Pada Konsep 5, kandungan β -karoten mencapai 91,12 $\mu\text{g/g}$ atau setara dengan 0,091 mg/g. Konsumsi 30 g cokelat batang memberikan asupan sebesar 2,73 mg β -karoten, yang setara dengan 45,5–91,0% dari kisaran asupan β -karoten harian manusia. Hal ini menunjukkan bahwa produk cokelat batang difortifikasi β -karoten berpotensi menjadi pangan fungsional yang tidak hanya diterima secara sensoris, tetapi juga berpotensi memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen.

KESIMPULAN

Konsep Produk 5 Konsep Produk 5 (A2B2C3D1) merupakan formula cokelat batang yang paling optimal dengan nilai total 22,22% berdasarkan evaluasi seluruh atribut sensoris. Konsep 5 ini terdiri atas kakao nibs 200 g (A2), lemak kakao 235 g (B2), β -karoten 7 g (C3), dan gula 250 g (D1). Formula tersebut menghasilkan warna, aroma, rasa, tekstur, *aftertaste*, dan *overall* yang paling disukai panelis dibandingkan konsep lainnya. Selain memberikan sensori terbaik, formula terpilih juga memenuhi standar mutu fisikokimia cokelat batang serta mengandung β -karoten sebesar 91,10 $\mu\text{g/g}$. Dengan dikonsumsi 30 g per hari, produk ini dapat memberikan asupan sekitar 2,73 mg β -karoten atau setara dengan 45,5–91,0% dari kisaran asupan β -karoten harian manusia, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji stabilitas β -karoten selama penyimpanan serta tingkat penerimaan konsumen dalam skala yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliah N, Marliyanti SA. 2025. Laporan kasus: Proses asuhan gizi terstandar pada pasien diabetes melitus tipe-2 dengan riwayat hipoglikemi terkoreksi dan chronic kidney disease (CKD) di RSUD Cibinong. *Jurnal Ilmu Gizi dan Dietetik*. 4(3):182-189. <https://doi.org/10.25182/jigd.2025.4.3.182-189>
- Ameliyah RY, Hervidea R, Puteri HS. 2025. Formulation, sensory evaluation, and nutritional composition of mineral-enriched banana and corn flour-based food bar as an emergency food alternative. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 8(3):1625-1639. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com>
- Ayu IM, Sangadji NW, Putri AS, Indarg AP, Azuraa S, Panjaitan MEH, Syahrani AP, Purba AL, Hasanah F, Favianito MR. 2023. Edukasi tentang pengaruh kebiasaan mengkonsumsi makanan dan minuman manis secara berlebihan bagi kesehatan. *Jurnal Abdimas Kesehatan*. 5(3):454-461. <https://doi.org/10.36565/jak.v5i3.421>
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan. Jakarta: BPOM.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. SNI 01-2345:2006 Petunjuk Pengujian Organoleptik dan/atau Sensori. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 3749:2009 Kakao Massa. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 7934:2014 Cokelat dan Produk-Produk Cokelat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Beltrán PF, Fernández ARG, Santacruz A, Velázquez DAJ. 2021. Chocolate as carrier to deliver bioactive ingredients: Current advances and future perspectives. *Foods*. 10:2065. <https://doi.org/10.3390/foods10092065>
- Brown AL, Warren ER, Ingraham BW, Ziegler GR, Hopfer H. 2023. The effect of fat content on sensory perception and consumer acceptability of 70% cacao dark chocolate made from reconstituted cocoa liquor. *Journal of Sensory Studies*. 38(5):1-13. <https://doi.org/10.1111/joss.12864>
- Całkosinski A, Kostrzewska P, Majewski M, Mander A, Pawlikowska A, Szuster EM. 2019. Impact of cocoa on the human organism. *Journal of Education, Health and Sport*. 9(5):145-154. DOI:10.5281/zenodo.2718725.
- Fortunata G, Kusnandar, Setyowati. 2021. Preferensi konsumen terhadap pembelian cokelat di Daerah Istimewa Yogyakarta. *AGRISTA*. 9(4):65-73. <https://jurnal.uns.ac.id/agrista/article/viewFile/58737/34349>.
- Haryadi H, Supriyanto H. 2017. *Teknologi Cokelat*. Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Halimah P, Ekawati Y. 2020. Penerapan metode Taguchi untuk meningkatkan kualitas bata ringan pada UD. XY Malang. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*. 13(1):13-26. <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>
- [IDF] International Diabetes Federation. 2025. *Diabetes Atlas 2025 (11th ed.)*. Belgium: International Diabetes Federation.
- Lada YG, Supriyanto, Darmadji P. 2014. Pengaruh perendaman biji kakao kering dan bahan alat sangrai terhadap sifat fisik dan profil senyawa volatil kakao sangrai serta sifat sensoris cokelat batang yang dihasilkan. *AGRITTECH*. 34(4):439-447. <https://media.neliti.com/media/publications/97665-none-dd4c145d.pdf>. <https://doi.org/10.22146/agritech.9439>
- Isyanti M, Sudibyo A, Supriatna D, Suherman AH. 2015. Penggunaan berbagai cocoa butter substitute (CBS) hasil hidrogenasi dalam pembuatan cokelat batangan. *Journal of Agro-based Industry*. 32(1):33-44. <https://media.neliti.com/media/publications/450520-none-eb056dae.pdf>.
- Lampousi AM, Lundberg T, Löfvenborg JE, Carlsson S. 2024. Vitamins C, E, and β -carotene and risk of type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 15(4):100211. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100211>
- Marcelino G, Machate DJ, Freitas KC, Hiane PA, Maldonado IR, Pott A, Asato MA, Candido CJ, Guimarães RCA. 2020. β -carotene: Preventive role for type 2 diabetes mellitus and obesity: A review. *Molecules*. 25(24):5803. <https://doi.org/10.3390/molecules25245803>
- Mielmann A, Le Roux N, Taljaard I. 2022. The impact of mood, familiarity, acceptability, sensory characteristics and attitude on consumers' emotional responses to chocolates. *Foods*. 11(11):1621. <https://doi.org/10.3390/foods11111621>
- Negara HP, Iwan YBL, Ekantari N. 2014. Pengkayaan β -karoten pada cokelat batang dengan penambahan *Spirulina platensis*. *Jurnal Perikanan (J Fish Sci)*. XVI(1):17-28. DOI:10.22146/JFS.9134.
- Polaris. 2025. *Chocolate Market Size, Share, Trends, Industry Analysis Report : By Product (Artificial and Traditional), Distribution Channel, and Region (North America, Europe, Asia Pacific, Latin America, and Middle East & Africa) - Market Forecast 2025-2034*. United States: Polaris Market Research & Consulting.
- Prasetyanto FD, Ulfa R, Harsanti RS. 2022. Proses penyangraian biji kakao (*Theobroma cacao* L.) Pabrik Pagergunung Glenmore. *Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian (JIPANG)*. 4(1):33-37. <https://doi.org/10.36526/jipang.v4i1.2676>
- Rifqi M, Haziman ML, Islamawan PA, Hariadi H, Yusuf D. 2023. Use of beta-carotene pigment to improve food product chemical and sensory qualities: A review. *Journal of Functional Food and Nutraceutical*. 4(2):67-78. <https://doi.org/10.33555/jffn.v4i2.9>
- Saputra AA, Dewi RK, Elnovrizza D. 2024. Pengembangan biskuit substitusi tepung kulit singkong dan labu kuning sebagai camilan tinggi serat penderita diabetes melitus. *Jurnal Ilmu Gizi dan Dietetik*. 3(3):175-182. <https://doi.org/10.25182/jigd.2024.3.3.175-182>
- Sidik G. 2024. Pemanfaatan β -karoten dan α -tokoferol pada red palm oil sebagai bahan fortifikasi vitamin pangan fungsional. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 16(1):8-17. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v16i1.30590>
- Sidik G, Ushada M, Ainuri M. 2025. Development of β -carotene-fortified chocolate bar using Kansei engineering method. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 14(1):80-104. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2025.014.01.6>

- StatLedger. 2023. Indonesia cocoa & cocoa products market: Trend analysis & forecasts to 2030. India: StatLedger Market Research & Consulting.
- Sudarmonowati E, Wahyuni NSH, Hartati, Kurniawati S, Fathoni A, Harmoko R. 2020. Pangan Fungsional Berbasis Ubi Kayu Kaya Beta Karoten. Jakarta: LIPI Press.
- Torales LIE, Alonso JG, Castón MJP. 2019. Nutritional importance of carotenoids and their effect on liver health: A review. *Antioxidants*. 8:229. <https://doi.org/10.3390/antiox8070229>
- Yunieswati W, Suryaalsah II. 2025. Evaluasi sensori dan gizi es krim berbasis pisang kepok-porang sebagai camilan penderita diabetes. *Jurnal Ilmu Gizi dan Dietetik*. 4(2):114-124. <https://doi.org/10.25182/jigd.2025.4.2.114-124>