

## KARAKTERISTIK DAGING TIRUAN (*MEAT ANALOG*) DENGAN OPTIMASI FORMULASI SUBSTITUSI RUMPUT LAUT MENGUNAKAN *MIXTURE DESIGN*

Bambang Riyanto<sup>1</sup>, Utami Dyah Syafitri<sup>2</sup>, Joko Santoso<sup>1</sup>, Endina Fatimah Yasmin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

<sup>2</sup>Departemen Statistik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University

Diterima: 14 Februari 2022/Disetujui: 30 Juli 2022

\*Korespondensi: bambangriyanto@apps.ipb.ac.id

**Cara sitasi (APA Style 7<sup>th</sup>):** Riyanto, B., Syafitri, U. D., Santoso, J. & Yasmin, E. F. (2022). Karakteristik Daging Tiruan (*Meat Analog*) dengan Optimasi Formulasi Substitusi Rumput Laut menggunakan *Mixture Design*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 268-280. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.39942>

### Abstrak

*Meat analog* atau daging alternatif berbasis protein nabati telah memberikan preferensi konsumen akan pentingnya kesehatan. Potensi alami dengan karakteristik fungsional rumput laut menawarkan perspektif baru *meat analog*. Konsep rancangan serta strategi formulasi menjadi awal yang sangat penting. Penelitian bertujuan menentukan karakteristik daging tiruan (*meat analog*) dengan optimasi formulasi substitusi rumput laut menggunakan *mixture design*. Penelitian meliputi karakterisasi bahan penyusun, rancangan formulasi dan pembuatan daging tiruan, optimasi formulasi substitusi rumput laut menggunakan *mixture design* serta perbandingan karakteristik daging tiruan substitusi rumput laut dan *meat analog* komersial. Formula optimal daging tiruan menggunakan *mixture design* menghasilkan substitusi tepung rumput laut 45%, dengan proporsi tepung kedelai 40% dan tepung jagung 15%. Daging tiruan substitusi rumput laut memiliki bentuk burger ukuran diameter 5 cm, tebal 2 cm dan berat 50 g, sensori ketampakan berserat, berwarna cokelat kekuningan dan rasa khas daging. Karakteristik tekstur dengan nilai *hardness* 2.385,90±0,02 gf, *springiness* 0,83±0,01, *chewiness* 1,52±0,02 dan *water holding capacity* 6,19±0,04 serta kadar protein 10,16%±0,01, karbohidrat 46,79%±0,03 dan abu 2,50%±0,02, yang menyerupai *meat analog* komersial dan kepatuhan dengan SNI 8503-2018 mengenai burger.

Kata kunci: *fish burger*, makroalga laut, protein pangan, vegetarian

## Characteristics of Meat Analog with Formula Optimization of Seaweed Substitution using Mixture Design

### Abstract

Meat analogues or alternative meats based on vegetable protein have given consumers preference for the importance of health. The natural potential with the characteristics of seaweed offers a new perspective on meat analogues. The design and formulation strategy becomes important. This study was aimed to determine the meat analogue by optimizing the seaweed substitution formulation using mixture design. The research includes characterization of ingredients, manufacture of meat analog and optimization of seaweed substitution formula using mixture design and characterization of seaweed substituted meat analogs. The optimal formula using a mixture design resulted in substitution of 45% seaweed flour with 40% soybean flour and 15% corn flour. Meat analog with optimization of seaweed substitution formulation has the shape of a burger with a diameter of 5 cm, a thickness of 2 cm and a weight of 50 g, sensory appearance of fibrous, yellowish brown color and a distinctive taste of meat. Texture characteristics with a hardness value of 2,385.90 ± 0.02 gf, springiness 0.83 ± 0.01, chewiness 1.52 ± 0.02 and water holding capacity 6.19 ± 0.04 and a protein content of 10.16% ± 0.01, carbohydrates 46.79% ± 0.03 and ash 2.50% ± 0.02, which resembles commercial meat analogs and complies with SNI 8503-2018 for burgers.

Keyword: fish burger, food protein, marine macroalgae, vegetarian

## PENDAHULUAN

Ekspansi pasar daging tiruan (*meat analog*) berkembang pesat melebihi permintaan konsumen vegetarian, dengan tingkat pertumbuhan 7,9%/tahun. Industri *meat analog* (*plant-based meat*) global diproyeksikan akan meningkat dari US\$ 4,6 miliar pada 2018 menjadi US\$ 85 miliar pada 2030. Tonggak sejarah akan terjadi pada tahun 2026 yang mencapai US\$ 30,9 miliar, meskipun belum sebanding dengan prediksi global industri daging, unggas, dan *seafood*, yang diperkirakan berkisar US\$ 7,3 triliun pada tahun 2025 (Boukid, 2020). Sepanjang tahun 2019, inovasi pasar terus bermunculan, antara lain Happy Meal vegan, McDonald's yang diluncurkan pada Januari 2019; nugget vegan dan burger vegan, KFC pada Juni 2019; serta Rebel Whopper nabati, Burger King pada November 2019.

*Meat analog* atau daging alternatif merupakan istilah mengenai meniru karakteristik daging konvensional yang meliputi tekstur (serat daging, kandungan air daging) dan sensori ketampakan, warna, dan rasa. Kategori *meat analog* meliputi (1) produk tipe emulsi atau *emulsion type products* (sosis), (2) produk bentukan daging lumat atau *minced products* (patty, burger, nugget), dan (3) produk tipe daging berserat atau *muscle-type products* (steik). *Meat analog* sebagai *protein-based products* diklasifikasikan (1) daging nabati (*plant-based meat*) yang umumnya kedelai, (2) daging fermentasi jamur (mikoprotein) serta perkembangan sel punca (*stem cell*), yaitu (3) daging berbasis sel (*in vitro* atau *cultured meat*). Perkembangan terkini mencakup protein dari sumber bahan berkelanjutan, misalnya protein serangga dan alga (Onwezen *et al.*, 2021).

*Meat analog* umumnya terbuat dari kedelai atau gluten gandum, selain pati, dan bahan tambahan untuk rasa, warna dan tekstur (Zhang, 2021). Beberapa turunan kedelai yang digunakan, antara lain tepung kedelai tanpa lemak (protein 50-55%), konsentrat protein kedelai (protein 65-70%), dan isolat protein kedelai (protein 85-90%). Alternatif daging dengan campuran konsentrat protein kedelai dan gluten gandum 30% menunjukkan struktur serat dan tekstur (kekerasan dan

*chewiness*) tertinggi. Pati berperan sebagai agen pengikat dan umumnya menggunakan pati jagung. Jumlah pati tidak melebihi 10%, karena mengganggu susunan serat. Pati jagung tidak memiliki bau dan rasa yang berlebihan, memiliki daya serap air yang tinggi dan meningkatkan kohesi antar protein. Samard & Ryu (2019) melaporkan bahwa penambahan pati jagung 10% menunjukkan kapasitas pengikatan air, elastisitas dan daya rekat yang tinggi.

*Twin-screw extruder* mendorong pengembangan *high moisture extrusion* untuk memproduksi produk tipe daging berserat atau *muscle-type products* untuk vegetarian berbasis protein kedelai atau kacang-kacangan. Teknik pemanggangan masih digunakan terutama pembuatan *meat analog* bentukan daging lumat (*minced products*). Wi *et al.*, (2020) menyampaikan bahwa pemanggangan membutuhkan preparasi (penggilingan, pencampuran, dan pembentukan), sedangkan suhu oven 180°C selama 14 menit dengan penyesuaian kondisi suhu *ambient* setiap 30 menit, dapat menghasilkan tekstur yang baik.

Tinjauan preferensi konsumen mengungkapkan bahwa motivasi utama konsumsi *meat analog* adalah kesehatan, yang didorong dengan harga murah. Kemungkinan lain adalah neofobia (kepedulian akan kesejahteraan hewan). Masih kuatnya keterikatan akan daging telah mengarahkan kepada menciptakan kembali daging konvensional dengan segala sensasi, terutama tekstur dan rasa. Kecenderungan lain meliputi sumber bahan berkelanjutan, produk alami, gizi serta sifat fungsional (Kyriakopoulou *et al.*, 2021).

Makroalga laut memiliki sejarah panjang sebagai pangan. Keuntungan dibandingkan biomassa terestrial meliputi tingkat pertumbuhan yang tinggi dan potensi budi daya yang besar. Rumput laut mengandung karbohidrat, serat makanan dan mineral yang tinggi, namun protein serta lemak cenderung rendah. Rumput laut tropis *Kappaphycus alvarezii* mengandung karbohidrat 57,30%, protein 9,81-19,25%, lemak 0,64-2,06%, dan abu 27,00-38,86%. Polisakarida *K. alvarezii* terdiri dari selulosa 16-20%, hemiselulosa 18-22%, lignin 7-8% dan serat kasar 2,5-

5%. Potensi alami dengan karakteristik khusus rumput laut telah menawarkan perspektif fungsional yang menjanjikan, misalnya frankfurters rendah garam dengan penambahan konnyaku dan rumput laut cokelat *Himanthalia elongata* (Cofrades *et al.*, 2017).

Penambahan rumput laut dalam formulasi daging tiruan mengharuskan penyesuaian mutu terhadap daging konvensional, di antaranya melalui rancangan gizi, strategi formulasi dan jenis produk daging yang akan dikembangkan. Sebagai contoh burger daging sapi telah menjadi makanan sehat melalui formulasi rumput laut wakame 3%, garam 0,5% dan lemak <10%, serta penggantian sebagian atau total lemak dengan minyak zaitun. Wakame memberikan peningkatan *water holding capacity* sehingga tekstur daging menjadi lembut serta tidak berdampak pada sensori untuk produk rendah garam. Pengaruh lain yang terkait dengan rumput laut adalah keberadaan serat makanan (41%) dan mineral (36%) (Bohrer, 2019).

Formulasi *meat analog* dengan tepung kedelai sebagai sumber protein, tepung jagung dan tepung rumput laut *K. alvarezii* sebagai sumber karbohidrat serta beberapa bahan menjadi aspek menarik dan belum pernah dikembangkan. Proporsi relatif masing-masing bahan akan memengaruhi bentuk dan mutu *meat analog*, karena batasan optimal *meat analog* adalah tepung kedelai 20-40% dan tepung jagung 0-15%. Rancangan formulasi yang tepat di antaranya dapat menggunakan *mixture design* (Nunez *et al.*, 2020). Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik daging tiruan (*meat analog*) dengan optimasi formula substitusi rumput laut dengan tambahan tepung kedelai dan tepung jagung menggunakan *mixture design*.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan yaitu tepung rumput laut *K. alvarezii* (ukuran partikel 70,711 µm) asal bahan baku perairan Indonesia, merek "Herbalicious sensation pure *Eucheuma cottonii* seaweed", Jakarta, Indonesia, tepung kedelai (merek "moringa organic") (ukuran partikel 64,681 µm),

tepung jagung (merek "moringa organic") (ukuran partikel 61,445 µm), ragi instan (merek "fermipan"), bawang merah (*Allium ascalonium* L) ukuran diameter 1,4-1,8 cm dengan umur panen 60-70 hari, bawang putih (*Allium sativum* L) dengan ukuran 2-6 cm, lada (*Piper nigrum*), gula (merek "gulaku"), garam (merek "dolpin"), *meat analog* komersial (merek "goodbelly") dan air. Bahan yang digunakan untuk analisis yaitu asam borat 25%, HCl 0,02 N, 200 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 200 mL larutan NaOH, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% dan akuades 1.000 mL.

Alat yang digunakan adalah oven (Panasonic NNST324M Straight 25 L), tanur listrik (Carbolite), desikator (pyrex), ekstraksi soxhlet, kamera Fujifilm finepix S4900, mikroskop cahaya Olympus Seri CX21 dengan perbesaran 400x, TA-XT2i *Texture Analyzer*, *centrifuge*-1736R, LaboGene, Daejeon, Korea, *chromameter* (Lutron RGB10002), timbangan analitik (Sartorius BS 5124 S), mikser (550 W, Multiquick 3 Vario, Braun, Kronberg im Taunus, Jerman).

### Metode Penelitian

#### Karakterisasi visual, fisik, dan kimia bahan penyusun (tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung)

Karakterisasi tepung kedelai, tepung rumput laut dan tepung jagung meliputi ketampakan visual menggunakan kamera Fujifilm finepix S4900 dan ketampakan mikrostruktur dan ukuran menggunakan mikroskop cahaya Olympus Seri CX21 perbesaran 10x100. Komposisi kimia meliputi kadar air (AOAC 2005 butir 938.08), kadar protein (AOAC 2005 butir 960.52), kadar lemak (AOAC 2005 butir 948.15), kadar abu (AOAC 2005 butir 938.08), kadar karbohidrat (by difference), dan kadar serat kasar (AOAC 2005 butir 7.065).

#### Rancangan formulasi dan pembuatan daging tiruan substitusi rumput laut

Rancangan formulasi menggunakan tepung rumput laut berkisar 20-50%, sedangkan tepung kedelai 10-45% dan tepung jagung 0-25%. Komposisi dan rentang persentase bahan penyusun berdasarkan

Jatav & Bhatt (2020) mengenai komposisi *meat analog* terbaik, yaitu tepung kedelai 35% dan tepung jagung 10%. Tepung kedelai digunakan karena sumber protein yang memiliki peran pembentuk tekstur. Tepung jagung dan tepung rumput laut memiliki kandungan karbohidrat, yang berperan sebagai pengikat dan kemungkinan pembentuk tekstur. Keberterimaan rancangan formulasi diperlihatkan dengan sensori tekstur *meat analog* substitusi rumput laut. Terdapat 10 formula yang digunakan. Rancangan formulasi *meat analog* substitusi rumput laut dengan komposisi dan rentang persentase tepung kedelai, tepung rumput laut dan tepung jagung serta keberterimaan sensori tekstur disajikan pada Tabel 1.

Bahan tambahan lain adalah ragi, bawang putih, bawang merah, lada, garam gula pasir, dan air, yang dilakukan pencampuran selama 60 detik. Model penyajian daging dibentuk manual menyerupai burger dengan ukuran diameter 5,03 cm, tebal 2,01 cm, dan berat 50 g. Pemanasan awal selama 5 menit untuk mencapai suhu 170-180 °C dan lama pemasakan dalam oven adalah 14 menit dengan penyesuaian kondisi pada suhu ambient setiap 30 menit (Wi *et al.*, 2020).

### Optimasi formulasi daging tiruan substitusi rumput laut menggunakan *mixture design*

Optimasi formulasi menggunakan *mixture design* dikembangkan dari rancangan formulasi dengan keberterimaan sensori tekstur daging tiruan substitusi rumput laut dengan deskripsi padat dan keras pada tepung kedelai dan tepung rumput laut (Tabel 1).

Batas atas dan batas bawah atau kisaran rentang persentase tepung kedelai, tepung rumput laut dan tepung jagung diformulasikan dengan total  $\pm 50$  g. Rentang persentase tepung kedelai, tepung rumput laut dan tepung jagung dikonversikan dalam basis total 100%. Komposisi dan rentang persentase adalah tepung rumput laut 30-50%, sedangkan tepung kedelai 20-40% dan tepung jagung 0-15% (Tabel 2). Variabel tetap adalah ragi, bawang merah, bawang putih, garam, merica, gula, dan air (Tabel 3).

Optimasi formulasi menggunakan perangkat lunak Minitab 19. Rancangan yang terbentuk adalah {3,2} desain *simplex-centroid* dengan variabel berubah meliputi tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung atau sebanyak 3 variabel. Formula yang diperoleh adalah 7 formula dengan 2 ulangan (Gambar 1).

Tabel 1 Rancangan formulasi daging tiruan dengan komposisi tepung kedelai, tepung rumput laut dan tepung jagung dalam persen serta karakteristik sensori yang dimiliki

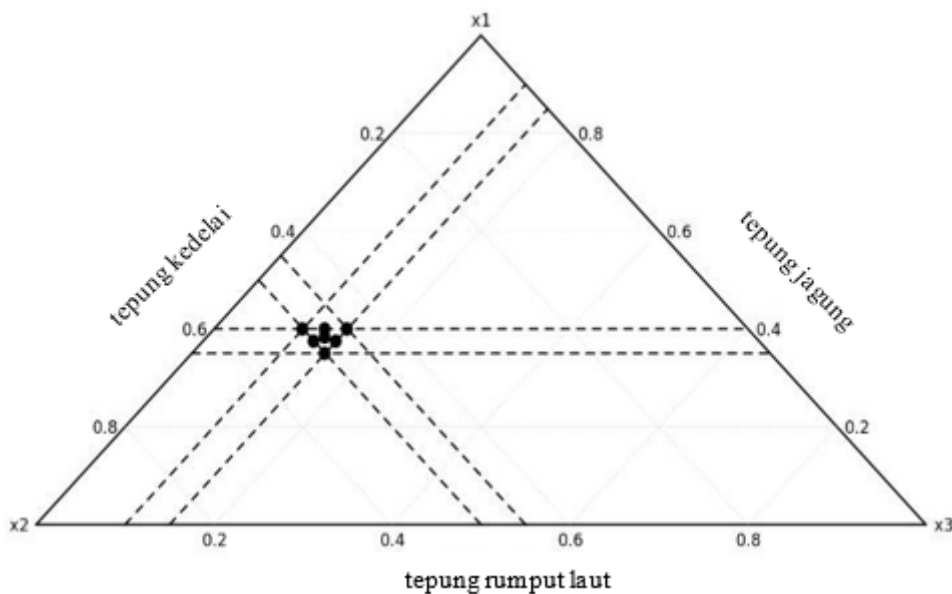
Formula	Tepung kedelai (%)	Tepung rumput laut (%)	Tepung jagung (%)	Karakteristik sensoris (ketampakan)
1	10	20	5	Cukup empuk
2	15	25	10	Cukup empuk
3	20	30	15	Sedikit empuk
4	25	35	20	Cukup keras
5	30	40	25	Cukup keras
6	35	45	5	Sedikit empuk
7	40	50	10	Sedikit empuk
8	45	50	15	Sangat keras
9	50	50	25	Sangat keras
10	50	50	5	Sangat keras

Tabel 2 Komposisi formula {3,2} desain *simplex-centroid* daging tiruan berbasis rumput laut dengan campuran tepung kedelai dan tepung jagung

Formula	Komponen (semu)			Komponen (aktual: g)		
	Tepung kedelai	Tepung rumput laut	Tepung jagung	Tepung kedelai	Tepung rumput laut	Tepung jagung
1	0,40	0,50	0,10	20,0	25,0	5,0
2	0,40	0,45	0,15	20,0	22,5	7,5
3	0,35	0,50	0,15	17,5	25,0	7,5
4	0,40	0,48	0,13	20,0	24,0	6,5
5	0,38	0,50	0,13	19,0	25,0	6,5
6	0,38	0,48	0,15	19,0	24,0	7,5
7	0,38	0,48	0,13	19,0	24,0	6,5

Tabel 3 Variabel tetap dari komponen tambahan daging tiruan rumput laut

Formula	Bawang putih (g)	Bawang merah (g)	Garam (g)	Merica (g)	Ragi (g)	Gula (g)	Air (mL)
1	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
2	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
3	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
4	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
5	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
6	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50
7	3	3	1	0,5	0,15	0,5	50



Gambar 1 {3,2} Desain *simplex-centroid* daging tiruan berbasis rumput laut dengan campuran tepung kedelai dan tepung jagung



Karakterisasi daging tiruan substitusi rumput laut pada 7 formula dilakukan analisis yang meliputi visual bentuk penampang dan potongan melintang menggunakan kamera Fujifilm finepix S4900. Karakteristik warna menggunakan *chromameter* skala pengukuran  $L^*a^*b^*$  (do Carmo *et al.*, 2021) Nilai *water holding capacity* (WHC) dengan teknik sentrifugasi dan sensori ketampakan, warna, dan rasa (Angelis *et al.*, 2020).

### Perbandingan karakteristik daging tiruan substitusi rumput laut formula optimal dan daging tiruan komersial

Perbandingan karakteristik daging tiruan substitusi rumput laut formula optimal dan daging tiruan komersial *patty mushroom* merek “goodbelly” meliputi visual bentuk penampang dan potongan melintang menggunakan kamera Fujifilm finepix S4900, nilai WHC (Wi *et al.*, 2020), sensori ketampakan, warna dan rasa serta karakteristik fisik tekstur dengan Texture Analyzer (Sikes *et al.* 2009). Analisis komposisi kimia meliputi kadar protein (AOAC 2005 butir 960.52), kadar lemak (AOAC 2005 butir 948.15), kadar abu (AOAC 2005 butir 938.08), kadar karbohidrat (*by difference*), dan kadar serat kasar (AOAC 2005 butir 7.065) serta kadar air (AOAC 2005 butir 938.08).

### Analisis Data

Rancangan *mixture design* yang digunakan adalah {3,2} desain *simplex-centroid*. Proses optimasi ditentukan komponen uji yang penting sehingga akan memperoleh formula yang dipilih sesuai dengan derajat *desirability* terbesar (semakin tinggi nilai *desirability* menunjukkan semakin tingginya kesesuaian formula daging tiruan substitusi rumput laut yang didapatkan untuk mencapai formulasi optimal variabel respons (tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung). Persamaan model yang digunakan:

$$E(Y) = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 \dots (1)$$

Di mana,  $E(Y)$  = estimasi respons,  $B_i$  = nilai koefisien ke- $i$ ,  $\beta_{ij}$  = nilai respon koefisien gabungan  $i$  dan  $j$ ,  $x_1$  = proporsi tepung kedelai,  $x_2$  = proporsi tepung rumput laut,  $x_3$  = proporsi tepung jagung

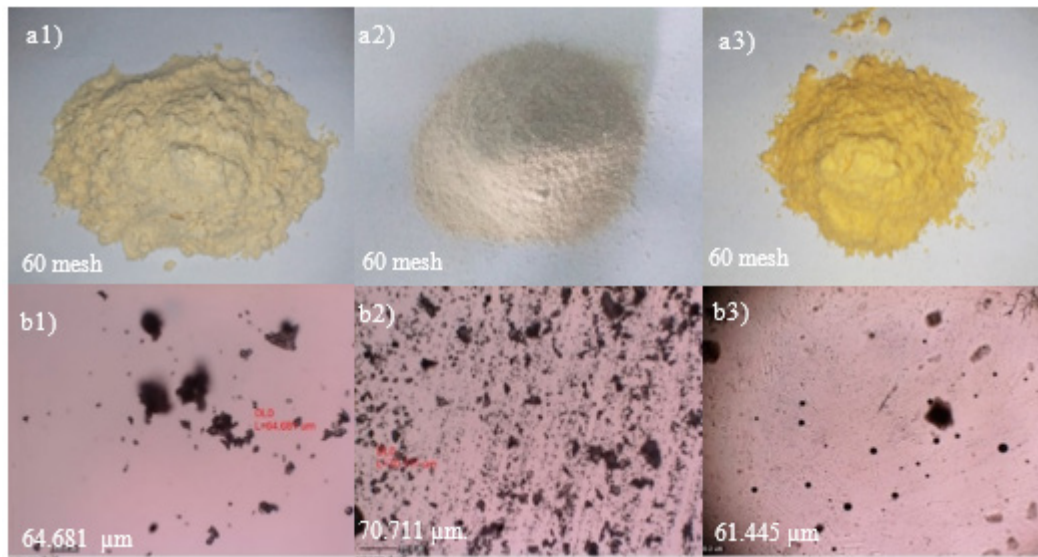
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Visual, Fisik, dan Kimia Tepung Kedelai, Tepung Rumput Laut, dan Tepung Jagung

Visual bahan penyusun terlihat berbentuk tepung dengan ukuran 60 mesh atau secara mikrostruktur berkisar 60-70  $\mu\text{m}$ . Ukuran partikel tepung rumput laut 70,711  $\mu\text{m}$  (Gambar 2). Bentuk dan ukuran partikel merupakan karakteristik penting yang dapat memengaruhi sifat fisikokimia bahan, misalnya penyerapan air dan pengembangan.

Karbohidrat tertinggi terdapat pada tepung rumput laut (60,89%) dan tepung jagung (70,99%), sedangkan protein tertinggi terdapat pada tepung kedelai (37,67%). Kadar air pada semua bahan baku sekitar 10% yang menunjukkan bentuk tepung dan kering. Tepung rumput laut terlihat memiliki kadar abu yang tinggi (26,75%). Komposisi kimia tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung dapat dilihat pada Tabel 4.

Kandungan protein yang tinggi pada tepung kedelai diduga akan berperan dalam pembentukan tekstur daging tiruan substitusi rumput laut. Schreuders *et al.* (2019) menyatakan tepung kedelai memiliki fungsionalitas tinggi dalam penyerapan air yang menyebabkan pembentukan serat lebih padat dan memengaruhi kekompakan tekstur produk. Kandungan karbohidrat pada tepung rumput laut dan tepung jagung diduga juga akan memengaruhi pembentukan tekstur melalui perannya sebagai agen pengikat selama proses pemanasan. Fiorentini *et al.* (2020) menyatakan produk pangan yang ditambahkan karbohidrat dapat meningkatkan daya ikat air sehingga mampu memperbaiki tekstur. Kyriakopoulou *et al.* (2021) menyatakan tepung jagung merupakan pati, yang dapat memiliki peran dalam pembentukan struktur, terutama sebagai agen pengikat.



Gambar 2 Ketampakan visual (a) dan struktur mikro menggunakan mikroskop dengan (perbesaran 10x100) (b); tepung kedelai (1); tepung rumput laut (2) dan tepung jagung (3)

Tabel 4 Komposisi kimia tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung

Bahan baku	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Carbohydrate (by difference)	Serat kasar (%)
Tepung rumput laut	8,99±0,03	26,75±0,02	0,60±0,02	2,79±0,02	60,89±0,01	3,72±0,03
Tepung kedelai	9,33±0,02	1,29±0,03	17,79±0,04	37,67±0,01	29,3±0,02	4,62±0,02
Tepung jagung	10,75±0,03	6,12±0,02	3,69±0,02	8,44±0,01	70,99±0,03	1,12±0,02

**Karakteristik Daging Tiruan Substitusi Rumput Laut Optimasi Formulasi Menggunakan Mixture Design Ketampakan visual dan warna daging tiruan substitusi rumput laut**








Visual daging tiruan substitusi rumput laut menunjukkan ketampakan yang padat serta berserat. Interaksi protein dan karbohidrat melalui proses pemanasan dari masing-masing bahan penyusun telah menyebabkan bentuk warna menjadi kecokelatan. Semua formula daging tiruan dengan penambahan rumput laut menghasilkan nilai  $L^*$  (*lightness*) yang berkisar 40,  $a^*$  (*redness*)=6, dan  $b^*$  (*yellowness*)=20 yang menunjukkan warna coklat kekuningan (Tabel 5).

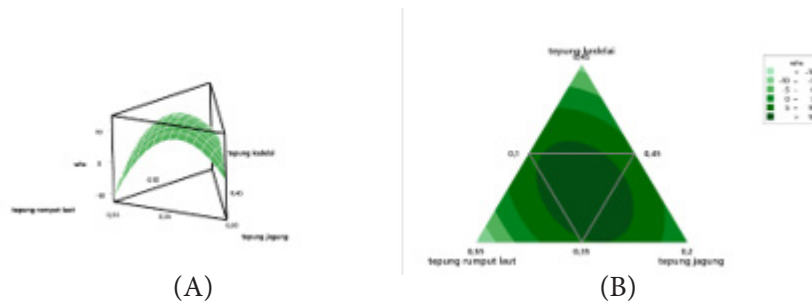
Beniwal *et al.* (2020) menyatakan interaksi protein pada saat pemanasan telah menyebabkan molekul protein mengalami

perubahan. Perubahan meliputi pembukaan, penyelarasan, tumbukan, dan agregasi melalui ikatan silang kovalen dan nonkovalen, yang bertanggung jawab untuk pembentukan serat. Fiorentini *et al.* (2020) menyatakan kandungan karbohidrat pada tepung rumput laut dapat memperbaiki tekstur daging tiruan, karena terjadinya interaksi antara protein dengan karbohidrat. Karbohidrat tepung rumput laut diduga menyerap air, sehingga mampu memperbaiki tekstur (kekerasan).

Pembentukan warna karena proses pemasakan merupakan reaksi maillard atau reaksi dari komponen kimia utama protein dan karbohidrat pada masing-masing bahan penyusun. Sun *et al.* (2022) menyatakan bahwa penambahan tepung rumput laut dengan karbohidrat yang tinggi dapat menyebabkan interaksi dengan protein tepung kedelai.

Tabel 5 Ketampakan dan warna *meat analog* rumput laut

Formula	Ketampakan	L*	a*	b*
1		44,01±1,38	5,22±0,20	24,29±0,50
2		47,77±0,57	7,58±0,72	29,23±1,88
3		39,92±1,06	7,19±0,66	24,58±0,28
4		43,09±0,15	5,70±0,08	27,73±0,04
5		42,97±0,08	7,35±0,18	27,17±0,11
6		40,92±0,38	6,21±0,36	22,43±0,49
7		41,54±0,50	7,59±0,10	24,96±0,28



Gambar 3 Grafik WHC *mixture design* daging tiruan; (A) *surface plot*; (B) *contour plot*

**Water holding capacity (WHC) daging tiruan substitusi rumput laut**

Grafik *surface plot* (Gambar 3A) dan *contour plot* (Gambar 3B), memperlihatkan respon WHC daging tiruan substitusi rumput laut menggunakan *mixture design*. Nilai maksimal diperlihatkan melalui area tinggi pada grafik *surface plot* dan di tengah segitiga pada grafik *contour plot*, yaitu (6,69±0,2).

WHC menunjukkan kemampuan mengikat air dari daging tiruan substitusi rumput laut yang terlihat kompak, sehingga diduga memiliki peran terhadap tekstur yang baik. Fiorentini *et al.* (2020) menyatakan bahwa penambahan rumput laut pada suatu produk menyebabkan kemampuan dalam mengikat air yang tinggi, sehingga dapat mengikat komponen lain dan membentuk tekstur lebih kompak.



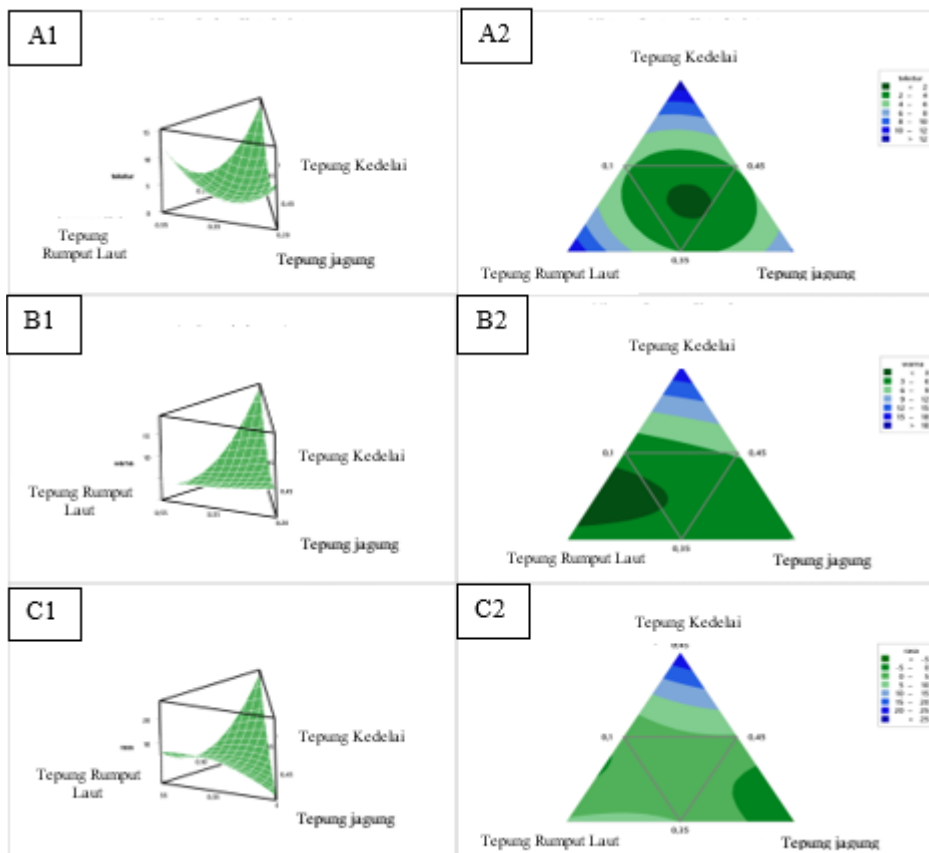
**Sensori daging tiruan substitusi rumput laut**

Respons sensori ketampakan terlihat merata dari tepung kedelai, tepung rumput laut, dan tepung jagung, sehingga diduga ketiga bahan tersebut memengaruhi ketampakan. Penggunaan tepung kedelai sebagai pembentuk struktur karena tinggi protein dapat meningkatkan daya ikat air dan mengemulsikan lemak. Tepung jagung memiliki kandungan pati yang dapat memengaruhi struktur, sehingga substitusi daging tiruan dengan tepung jagung memengaruhi ketampakan daging tiruan. Semakin tinggi penambahan pati jagung (maizena) pada produk daging tiruan, akan meningkatkan ketampakan daging tiruan. Penambahan tepung rumput laut dapat menyerap air, sehingga mampu memperbaiki tekstur (kekerasan). Industri daging sering mensubstitusikan hidrokoloid ke dalam sosis daging untuk mengompensasi hilangnya kualitas tekstur yang terjadi ketika bagian

lemak dan garam berkurang. Evaluasi sensori dengan penambahan *K. alvarezii* mampu memperbaiki tekstur daging dan secara fungsional mengandung serat pangan yang tinggi (Fiorentini *et al.*, 2020).

Respons sensori warna maksimal berada di wilayah tepung kedelai. Warna yang dihasilkan yaitu coklat kekuningan. Protein memiliki peranan penting terhadap warna, protein bereaksi dengan molekul karbohidrat selama proses pemanasan yang menyebabkan reaksi maillard.

Berdasarkan grafik diperoleh respons maksimal sensori rasa (Gambar 4C1) yang dipetakan dalam grafik *contour plot* (Gambar 4C2) dengan warna biru tua. Penggunaan tepung kedelai ternyata lebih disukai panelis dibandingkan tepung rumput laut, yang diduga tinggi karbohidrat dan serat (selulosa, pektin, serta lignin), sehingga memengaruhi rasa yang dihasilkan.



Gambar 4 Grafik *mixture design* (*surface plot* dan *contour plot*) respons karakteristik sensori daging tiruan; (A1) dan (A2) ketampakan; (B1) dan (B2) warna; (C1) dan (C2) rasa

**Profiling plot daging tiruan substitusi rumput laut melalui rancangan desain simplex-centroid {3,2}**

Profiling plot daging tiruan substitusi rumput laut memperlihatkan bahwa nilai maksimum respons WHC adalah 6,09, sensori ketampakan 4,2, warna 6,3, dan rasa 4,5. Hasil pengujian, nilai WHC yang diperoleh  $6,19 \pm 0,04$  adalah formula optimal dengan tepung kedelai 40%, tepung rumput laut 45%, dan tepung jagung 15%. Melalui desain *simplex-centroid* {3,2} ternyata formula optimal tidak berbeda jauh. Fiorentini *et al.* (2020) menyatakan penambahan rumput laut dapat meningkatkan daya ikat air. Nilai WHC yang tinggi menunjukkan bahwa matriks yang ada mampu memerangkap air lebih banyak yang memperlihatkan matriks tekstur (ketampakan) yang baik (Zhou & Yang, 2019).

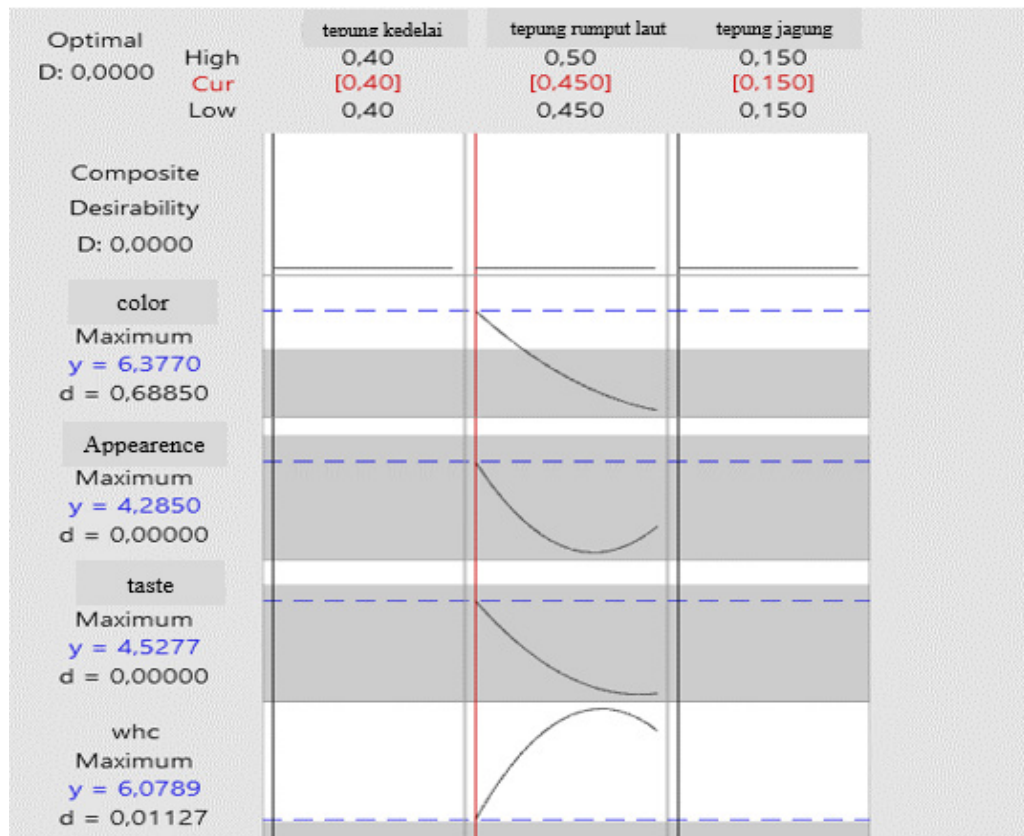
**Karakteristik Daging Tiruan Substitusi Rumput Laut Formula Optimal dan Daging Tiruan Komersial**

Visual daging tiruan substitusi rumput laut yang dihasilkan terlihat bentuk yang padat

dan berserat, tampakan potongan melintang memperlihatkan pori dan keseluruhan warna coklat kekuningan. Sensori rasa adalah khas daging dengan nilai kesukaan 3 sedangkan daging tiruan komersial lebih berasa khas daging dengan nilai kesukaan 5 (Tabel 6).





Deskripsi tekstur menunjukkan bahwa penambahan tepung rumput laut dapat memengaruhi *hardness*, yang diduga karena kandungan karbohidrat yang tinggi. Peran ini terjadi karena penyerapan air selama pemanasan dan daya ikat air, dan akhirnya mampu memperbaiki tekstur daging tiruan. Tepung jagung juga memiliki peran dalam meningkatkan daya kunyah, karena jagung memiliki persentase amilosa yang tinggi (persen amilosa 22,7% dari pati) sehingga gel yang terbentuk lebih padat.

Komposisi kimia terlihat kepatuhan dengan SNI 8503-2018 mengenai burger, yakni minimal kadar protein 8%. Karbohidrat daging tiruan substitusi rumput laut adalah 46,79% dan diduga disumbangkan rumput laut. Cofrades *et al.* (2017) menyampaikan bahwa karbohidrat alga relatif tinggi (33-75%



Gambar 5 Profiling plot daging tiruan menggunakan desain *simplex-centroid* {3,2}

Tabel 6 Spesifikasi daging tiruan rumput laut dan daging tiruan komersial

Spesifikasi	Daging tiruan rumput laut	Daging tiruan komersial
Ketampakan visual		
Potongan melintang		
<b>Karakteristik sensori</b>		
Ketampakan	Peringkat 5: berserat	Peringkat 6: sangat berserat
Warna	Peringkat 5: cokelat	Peringkat 6: cokelat tua
Rasa	Peringkat 3: campuran daging sedang	Peringkat 5: slightly intense of meat
<b>Texture analyzer</b>		
Kekerasan (gf)	2.385,90±0,02	2.167,80±0,01
Springiness	0,83±0,01	0,64±0,02
Chewiness	1,52±0,02	1,71±0,02
<b>Komposisi kimia (%)</b>		
Protein	10,16±0,01	18,68±0,01
Lemak	5,46±0,02	6,46±0,02
Karbohidrat	46,79±0,03	40,69±0,03
Abu	2,50±0,01	1,50±0,01
Air	30,67±0,01	32,67±0,01
Serat kasar	4,42±0,02	6,12±0,02

bahan kering) dan sebagian besar dianggap sebagai serat. Kajian tentang rumput laut *K. alvarezii* perlu dilakukan secara spesifik mengingat perannya dalam sumbangan sebagai sumber karbohidrat pada daging tiruan substitusi rumput laut.

## KESIMPULAN

Daging tiruan substitusi rumput laut memiliki bentuk burger ukuran diameter 5,03 cm, tebal 2,01 cm, dan berat 50 g. Sensori ketampakan berserat, warna cokelat kekuningan, rasa khas daging. Karakteristik tekstur dengan nilai kekerasan 2.385,90 gf, *springiness* 0,83 dan *chewiness* 1,52 dan nilai WHC 6,19±0,04 serta kadar protein 10,16±0,01%. Respons variabel menggunakan

desain {3,2} *simplex-centroid* menghasilkan formula optimal substitusi tepung rumput laut 45%, dengan proporsi tepung kedelai 40%, dan tepung jagung 15%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angelis, D. D., Kaleda, A., Pasqualone, A., Vaikma, H., Tamm, M., Tammik, M. L., Squeo, G., & Summo, C. (2020). Physicochemical and sensorial evaluation of meat analogues produced from dry-fractionated pea and oat proteins. *Foods*, 9, 2-15.
- Association of Official Analytical Chemist. (2005). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*.

- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Burger Daging. SNI-8503-2018.
- Beniwal, A. S., Sigh, J., Kaur, L., & Hardacre, A. (2020). Meat analogs: Protein restructuring during thermomechanical processing. *Food Science Journal*, 20, 1221-1249.
- Bohrer, B. M. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*, 8(4), 320-329.
- Boukid, F. (2020). Plant based meat analogues from niche to mainstream. *European Food Research and Technology*, 1-12.
- Cofrades, S., Benedi, J., Garcimartin, A., Sanchez, M. F. J., & Colmenero, F. J. (2017). A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: from technological development to assessment of healthy properties. *Food Research International*, 99, 1084-1094.
- do Carmo, C. S., Knutsen, S. H., Malizia, G., Dessev, T., Geny, A., Zobel, H., Myhrer, K. S., Varela, P., & Sahlström, S. (2021). Meat analogues from a faba bean concentrate can be generated by high moisture extrusion. *Future Foods*, 3, 100014.
- Fiorentini, M., Nolden, A. A., & Kinchala, A. J. (2020). Role of Sensory evaluation in plant-based meat analogs and meat extenders: A scoping review. *Foods*, 9, 2-15.
- Jatav, A. K., & Bhatt, D. K. (2020). Development and evaluation of protein rich extruded puffed product using corn, rice, and soy protein isolate flour. *Plant Archives Food Technology*, 20(2), 1718-1721.
- Kyriakopoulou, K., Keppler, J. K., & Goot, A. T. J. V. (2021). Functionality of ingredients and additives in plant based meat analogues. *Foods Journal*, 10, 600.
- Nunez, B. N., Sahagun, M., & Gomez, M. (2020). Optimisation of protein-enriched gluten-free layer cakes using a mixture design. *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 2171-2178.
- Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J., & Dagevos, H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant based meat alternative, and cultured meat. *Journal Appetite*, 159, 2-57.
- Samard, S., & Ryu, G. H. (2018). A comparison of physicochemical characteristics, texture, and structure of meat analogue and meats. *Journal Food Science Agricultural*. 99, 2708-2715.
- Samard, S., & Ryu, G. H. (2019). Physicochemical and functional characteristics of plant protein based meat analogs. *Journal Food Processing Preservation*, 10, 1-11.
- Schreuders, F. K. G., Dekkers, B. L., Bodnár, I., Erni, P., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2019). Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. *Journal of Food Engineering*, 261, 32-39.
- Sun, A., Wu, W., Soladoye, O. P., Aluko, R. E., Bak, K. H., Fu, Y., & Zhang, Y. (2022). Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*, 151, 110823.
- Wi, G., Bae, J., Kim, H., Cho, Y., & Choi M, J. (2020). Evaluation of the physicochemical and structural properties and the sensory characteristics of meat analogues prepared with various non-animal based liquid additives. *Foods*, 9, 2-19.
- Zhang, T., Dou, W., Zhang, X., Zhao, Yu., Zhang, Y., Jiang, L. Z., & Sui, X. (2021). The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 702-710.
- Zhou, Y., & Yang, H. (2019). Effect of calcium ion gel properties and gelation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein isolates processed with pH shift method. *Food Chemistry*, 277, 327 - 335.

## FIGURE AND TABLE TITLES

Figure 1 {3,2} simplex-centroid design seaweed based-materials substitute meat analogs with soy flour, seaweed flour and corn flour variables

Figure 2 Soy flour, seaweed flour, and corn flour appearance. Visual (a1) soybean flour, (a2) seaweed flour, (a3) corn flour. Microstruktur using microscope with (magnification10x100), (b1) soybean flour, (b2) seaweed flour (b3) corn flour

Figure 3 Mixture design graphics of WHC seaweed based-materials substitute meat analogs (A) surface plot, (B) contour plot

Figure 4 Mixture design graphic (surface plot dan contour plot) sensory response seaweed based-materials substitute meat analogs, (A1) and (A2) sensory characteristics (appearance), (B1) and (B2) sensory characteristics (colour), (C1) and (C2) sensory characteristics (flavour)

Figure 5 Profiling plot seaweed based-materials substitute meat analogs using simplex-centroid {3,2} design

Table 1 Formulation design seaweed based-materials substitute meat analogs with composition of soy flour, seaweed flour and corn flour percentage with sensory characteristics (appearance) acceptance

Table 2 Formula Composition {3,2} simplex-centroid design seaweed based-materials substitute meat analogs with components of soy flour, corn flour, and seaweed flour

Table 3 Fixed variables of additional components of seaweed based-materials substitute meat analogs

Table 4 Chemical composition of soy flour, seaweed flour, and corn flour

Table 5 Appearance and color of seaweed based-materials substitute meat analogs

Table 6 Spesification of seaweed based-materials substitute meat analogs and commercial meat analogs