

---

## KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN SENSORI MI ANALOG BERBASIS SINGKONGDENGAN PENAMBAHAN KARAGENAN

### [PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF CASSAVA BASED NOODLE ANALOGUE WITH CARRAGEENAN ADDITION]

Hardoko<sup>1,4\*</sup>, Delicia Martha<sup>2</sup>, Yuniwaty Halim<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

\*Korespondensi penulis: [hardoko@ub.ac.id](mailto:hardoko@ub.ac.id)

#### ABSTRACT

*Cassava noodles are considered as a type of non-gluten-based noodles that have stickiness and higher cooking loss than wheat noodles. The addition of several types of hydrocolloids was allegedly able to improve the quality of starch-based analog noodles. The purpose of this study was to determine the characteristics of analogue noodles based on cassava plus carrageenan hydrocolloid compared to wheat noodles. The research method used was the experimental method of adding 0%, 5%, 10%, and 15% carrageenan to the cassava-based analog noodle formulation. The results showed that the addition of carrageenan to cassava-based analog noodles reduced the elasticity, chewability, water absorption and elongation of noodles, but increased the stickiness, tensile strength, and elasticity of analog noodles. Analog noodles whose characteristics of elasticity, stickiness, and hardness are close to that of commercial wheat noodles are those with 10% carrageenan added. The level of preference for cassava-based analog noodles added with 10% carrageenan was still below commercial wheat noodles which reached a hedonic level of moderate liking (score 5.0), however, the level of preference for analog noodles still reached neutral to moderate (4.5-5.0).*

**Keywords:** carrageenan; cassava based noodles; cassava flour; wheat noodles

#### ABSTRAK

Mie singkong dianggap sebagai jenis mie berbasis non-gluten yang memiliki sifat lengket dan susut masak lebih tinggi daripada mi terigu. Penambahan beberapa jenis hidrokoloid disinyalir dapat memperbaiki mutu mi analog berbasis pati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mi analog berbasis singkong yang ditambah hidrokoloid karagenan dibandingkan dengan mi terigu. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen penambahan karagenan 0%, 5%, 10%, dan 15% pada formulasi mi analog berbasis singkong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penambahan karagenan pada mi analog berbasis singkong dapat menurunkan kekenyalan, daya kunyah, daya serap air, dan elongasi mi, tetapi menaikkan kelengketan, kuat tarik, dan elastisitas mi analog. Mi analog yang karakteristik kekenyalan, kelengketan, dan kekerasannya mendekati mi terigu komersial adalah yang ditambah karagenan 10%. Tingkat kesukaan terhadap mi analog berbasis singkong yang ditambah karagenan 10% masih dibawah mi terigu komersial yang mencapai tingkat hedonik agak suka (skor 5,0), meskipun demikian tingkat kesukaan mi analog masih mencapai netral sampai agak suka (4,5-5,0).

**Kata kunci:** karagenan; mi berbasis singkong; mi terigu; tepung singkong

## PENDAHULUAN

Miberdasarkan bahan bakunya dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu mi dengan bahan dasar terigu (*gluten-based noodle*) dan mi dengan bahan dasar pati (*starch-based noodle*). Mi yang berbahan dasar pati yang diformulasi dan diproses menjadi produk seperti mi terigu dapat disebut mi *analog*.

Produk mi terigu lebih digemari oleh masyarakat Indonesia, karena tekstur, rasa dan organoleptik yang lain dapat diterima oleh semua kalangan dan cara pembuatannya pun cukup mudah (Biyumna *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan penggunaan tepung terigu di Indonesia mengalami peningkatan, pada hal gandum merupakan produk impor yang dapat menguras devisa negara. Impor gandum terpaksa dilakukan karena gandum merupakan tanaman sub-tropis yang tidak dapat tumbuh baik di daerah tropis (Mujiharto & Syarifuddin, 2016). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), impor biji gandum pada tahun 2019 telah mencapai 10,7 juta ton.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi aktivitas impor dan ketergantungan akan tepung terigu adalah dengan memanfaatkan bahan pangan lokal lain, seperti singkong untuk pembuatan produk mi. Dalam hal ini singkong sebagai

sumber karbohidrat yang berpotensi sebagai bahan baku untuk produk lain, termasuk produk mi (Zarkasie *et al.*, 2017) dengan mengkonversi menjadi tepung singkong atau tepung tapioka (Esti & Prihatman, 2000).

Kandungan pati pada tepung singkong yang paling banyak adalah amilopektin (87%) dibandingkan dengan amilosanya. Besarnya kadar amilopektin ini menyebabkan sifat lengket pada hasil produk yang menggunakan tepung singkong (Akhmad *et al.*, 2013). Menurut Mesda (2002), mi dengan bahan dasar tepung singkong cenderung memiliki karakteristik yang kurang baik seperti mudah putus, rapuh dan lembek. Adanya penambahan tapioka yang berlebih juga turut menurunkan mutu mi yang dihasilkan yaitu menurunkan keelastisannya dan mudah putus. Penambahan hidrokoloid karagenan diharapkan dapat memperbaiki karakteristik dari mi singkong yang dihasilkan. Karagenan merupakan suatu polisakarida hasil dari ekstraksi rumput laut merah yang memiliki sifat fungsional sebagai pengental, pembentuk gel, dan penstabil karena sifat anioniknya yang kuat (Van de Velde *et al.*, 2005).

Menurut penelitian Tasia (2020), penambahan 5% telur dengan rasio tepung singkong: tapioka sebanyak 60:40 dapat

menurunkan tingkat kelengketan dengan hasil sebesar  $-14,08 \pm 0,34$  g.s, *cooking loss* sebesar  $11,64 \pm 0,50\%$ , meningkatkan daya serap dan kekenyalan, namun masih lebih lengket jika dibandingkan dengan mi terigu komersil. Menurut Kaudin *et al.* (2019), penambahan karagenan sebanyak 10% pada pembuatan mi basah dengan substitusi tepung sagu dapat meningkatkan kekenyalan, elastisitas, viskositas yang dapat mengurangi kelengketan serta berpengaruh nyata terhadap kualitas sensorik kecuali aroma. Menurut penelitian Sihmawati *et al.* (2019), penambahan karagenan sebesar 8% pada mi basah berbahan dasar terigu dengan substitusi tepung porang dapat meningkatkan kesukaan panelis terhadap tekstur (kekenyalan), aroma dan rasanya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian penambahan karagenan pada pembuatan mi analog berbasis singkong untuk memperbaiki mutu dan diharapkan dapat memberikan hasil produk mi analog berbasis singkong dengan karakteristik seperti mi komersil yang berbahan dasar terigu.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama dalam pembuatan mi analog adalah singkong putih lokal (*Manihot esculenta* Crantz) ukuran besar

dengan panjang  $25,25 \pm 0,02$  cm dan diameter  $10,04 \pm 0,04$  cm yang diperoleh dari pasar Kopro Tanjung Duren, air, tepung tapioka (Rose Brand), dan hidrokoloid karagenan (IndoGum). Bahan pendukung pada pembuatan mi adalah air, garam (Refine salt Refina), emulsifier komersil dari PT. Triartha Food Mandiri (propylene glycol, sorbitol, lesitin, dan fatty acid ester), mi kuning komersil (Yi Jian), dan kansui (air aboe / larutan garam alkali dengan komponen utama  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ).

Bahan yang digunakan untuk analisis parameter uji dari mi analog adalah akuades, heksana (Merck CAS Number 110-54-3), Hidrogen peroksida (Merck Catalogue Number 107209), HCl 0,2 N (Merck CAS Number 10043- 35-3), NaOH 35% (Merck CAS Number 1310-73-2), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (Merck CAS Number 7664- 93-9), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4% (Merck CAS Number 10043- 35-3), HCl 1 N, Kalium sulfat (Merck CAS Number 7778-8-50), Selenium (Merck CAS Number 7778-8-50), dan mixed indicator bromocresol green-methyl (Merck Catalogue Number 106130).

Alat yang digunakan pada pembuatan mi analog adalah baskom, spatula, panci, kompor, pamarut singkong, ayakan 60 mesh, mangkuk, pisau, sendok, gelas ukur

(pyrex), gelas beaker (Pyrex), pengukus, loyang, *noodle maker*, *miller machine* (Formac), timbangan meja, timbangan analitik (OHAUS), dan cabinet dryer (Wangdi W). Alat yang digunakan untuk analisis parameter uji mi analog adalah oven (MEMMERT UNE 200-800), desikator (Duran), texture analyzer (Barnstead), probe, timbangan analitik (Ohaus AR2140), cawan penguapan, heater, penggaris, alat dekstrusi Kjeldahl (Buchi Speed Digester K-425 dan Buchi Scrubber K-415), alat destilasi Kjeldahl (Buchi K-355), automatic titrator (TitroLine Schott Instrument), erlenmeyer (Pyrex), tanur (Thermolyne 48000), didih, kertas saring, benang kasur, Soxhlet, thimble (Iwaki), hotplate stirrer (Barnstead Thermolyne Cimarec), rotary evaporator (Buchi R-210), alat-alat gelas, dan peralatan uji sensori seperti piring kertas dan nampan.

### Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metode eksperimen yang dilakukan dalam bentuk perlakuan konsentrasi penambahan karagenan 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat tepung dalam pembuatan mi. Perlakuan percobaan pembuatan mi analog diformulasikan seperti Tabel 1. Percobaan ini dirancang dengan Rancangan Acak lengkap (RAL) 1 faktor

dengan 4 tingkat dan 5 kali ulangan. Data dianalisis menggunakan program SPSS versi 24.

Tabel 1. Formulasi mi analog

Bahan	Konsentrasi karagenan			
	0%	5%	10%	15%
T.singkong	60g	60g	60g	60g
Tapioka	40g	40g	40g	40g
Karagenan	0g	5g	10g	15g
Air	20g	20g	20g	20g
Garam	1g	1g	1g	1g
Telur	6,5g	6,5g	6,5g	6,5g
Emulsifier	0,4g	0,4g	0,4g	0,4g
Kansui	0,3g	0,3g	0,3g	0,3g

### Pembuatan Tepung Singkong

Pembuatan tepung singkong diawali dengan pencucian singkong dengan air mengalir dan selanjutnya dilakukan pengupasan dan pengirisan tipis hingga ukurannya mencapai ketebalan 1-2 mm. Irisan singkong ditata di atas loyang (*tray cabinet*) dan dikeringkan dengan alat cabinet dryer pada suhu 50°C selama 24 jam, hingga irisan singkong menjadi kering. Irisan singkong yang kering dihaluskan dengan menggunakan alat *miller* dan diayak dengan pengayak 60 mesh sehingga dihasilkan tepung singkong yang siap dipakai (Ardianto *et al.*, 2017; Tharise *et al.*, 2014).

### Pembuatan Mi Analog

Pembuatan mi analog berbasis singkong diawali dengan penimbangan

bahan sesuai formulasi. Selanjutnya, dilakukan proses gelatinisasi dengan cara mencampurkan tepung singkong dan tapioka sebanyak setengah dari formulasi dengan air (1:1). Campuran kemudian dikukus selama 4 menit dan dilakukan pendinginan selama 5 menit pada suhu ruang, serta ditambahkan tepung singkong, air, garam, air kansui, emulsifier, telur serta karagenan sesuai dengan formulasi. Campuran diaduk dan diuleni hingga kalis dengan menggunakan alat penggiling adonan. Adonan yang telah kalis dicetak menggunakan *noodle maker* dengan cara memasukan adonan ke dalam selongsong kemudian diberikan tekanan dari atas untuk membentuk untaian mi. Untaian mi kemudian dikukus selama 3 menit lalu diangkat dan dipisahkan untaian mi yang sudah matang. Mi kemudian didiamkan pada suhu kamar hingga dingin, setelah itu mi dikeringkan dengan menyusun setiap untaian mi pada standy pasta selama 48 jam (Okwundu, 2015; Tasia, 2020).

### Parameter penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi *cooking loss* (Mulyadi *et al.*, 2014), daya serap air mi (Mulyadi *et al.*, 2014), tekstur (kekenyalan dan kelengketan) (Inglett *et al.*, 2015), elongasi (Indrianti *et al.*, 2014), kuat tarik (*tensile strength*) dan elastisitas (Sun *et al.*,

2019), serta uji sensori perbandingan jamak (Setyaningsih *et al.*, 2010) dan uji hedonik (Lawless & Heyman, 2010). Penambahan karagenan terbaik pada mi analog dan mi komersil dilakukan analisis proksimat (AOAC, 2006).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

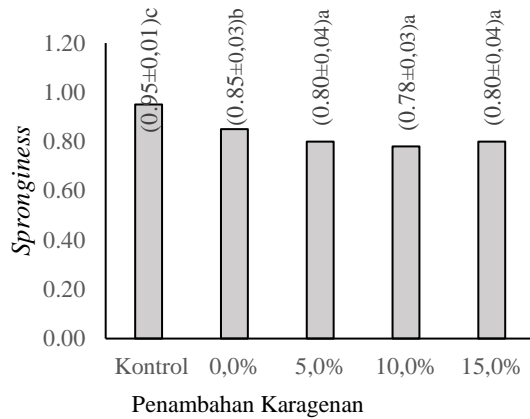
Tepung singkong terbuat dari singkong putih dengan jenis *Manihot esculenta* Crantz. Kadar air dari tepung singkong yang dihasilkan adalah sebesar  $7,00 \pm 0,03\%$ . Menurut SNI 01-2997-1996, maksimal kadar air tepung singkong yang masih dapat diterima adalah sebesar 12%. Oleh karena itu, tepung singkong putih yang dibuat masih masuk dalam mutu SNI. Hasil rendemen dari tepung singkong putih adalah sebesar 16,86%. Kadar pati pada tepung singkong putih yaitu sebesar 86,28% dengan kadar amilosa sebesar 22,07% dan amilopektin sebesar 64,21%.

### Kekenyalan (*Springiness*) Mi Analog

Kekenyalan suatu produk menunjukkan kemampuan produk dapat kembali ke posisi awal ketika diberi tekanan pertama kali. Nilai kekenyalan memiliki korelasi positif dengan elastisitas dari produk mi (Impaprasert *et al.*, 2017).

Hasil anova menunjukkan bahwa variasi konsentrasi penambahan karagenan pada mi berpengaruh nyata terhadap

kekenyalan mi analog berbasis singkong ( $p < 0,05$ ). Hasil uji Duncan dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: Notasi huruf menunjukkan beda nyata 5%

Gambar 1. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap *springiness* mi analog berbasis singkong matang

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa penambahan karagenan sampai 15% belum mampu meningkatkan kekenyalan dari mi analog singkong, dan kekenyalan mi analog masih lebih rendah daripada mi kontrol (mi terigu komersial). Hasil yang mirip juga dilaporkan Ratnawati & Afifah (2018) terkait dengan penambahan karagenan pada mi dari moka, tepung beras dan tepung jagung yang tidak berefek terhadap kekenyalan mi. Hal ini dapat dikarenakan adanya penurunan viskositas *setback* yang terjadi akibat adanya persaingan antara molekul hidrokoloid karagenan dengan amilosa dalam membangun jaringan antarmolekul saat pendinginan berlangsung. Viskositas *setback* sendiri merupakan suatu ukuran

yang digunakan untuk menentukan kecenderungan terjadinya retrogradasi pati. Oleh sebab itu, terjadi pengurangan jumlah interaksi amilosa-amilosa dan menyebabkan retrogradasi pati untuk membentuk struktur gel menjadi terhambat dan tekstur mi analog singkong menjadi lebih lunak serta tidak kenyal dibandingkan dengan mi komersial terigu dan mi analog tanpa hidrokoloid (Alam *et al.*, 2009).

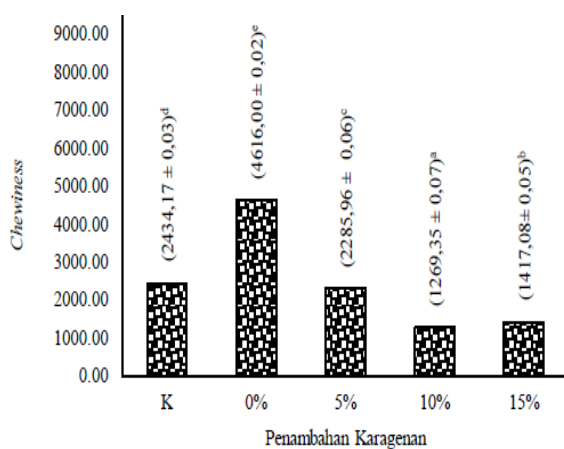
Menurut Fitriani (2013), tingkat kekenyalan dari produk pasta non-terigu, dipengaruhi oleh kandungan pati yang terdapat pada produk. Tepung singkong dan pati singkong memiliki kadar pati amilopektin lebih banyak dibandingkan amilosanya yaitu 64,21% dan 68,42% secara berturut turut. Kandungan amilosa pada produk akan membentuk gel yang kokoh, sedangkan amilopektin akan berperan dalam pembentukan struktur gel yang lebih lunak sehingga semakin banyak kadar amilopektin pada bahan akan meningkatkan kelunakan pada mi analog singkong yang dihasilkan (Haryanti *et al.*, 2014).

### Daya Kunyah (*Chewiness*)

Pengukuran nilai *chewiness* pada mi analog berbasis singkong bertujuan untuk mengetahui energi yang dibutuhkan pada saat makanan dikunyah. Secara umum,

*chewiness* dapat juga disebut sebagai daya kunyah suatu produk pangan (Chandra & Shamasundar, 2015).

Hasil Anova menunjukkan bahwa penambahan karagenan pada mi analog berbasis singkong berpengaruh nyata terhadap daya kunyah mi analog berbasis singkong ( $p < 0,05$ ). Hasil uji lanjut dengan Duncan dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan: Notasi huruf menunjukkan beda nyata 5%

Gambar 2. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap *chewiness* mi analog berbasis singkong

Gambar 2 memperlihatkan bahwa penambahan karagenan cenderung menurunkan nilai daya kunyah atau dengan kata lain mi analog yang ditambah karagenan lebih mudah dikunyah daripada mi analog yang tidak ditambah karagenan dan juga mi terigu (kontrol komersial). Fenomena ini mirip dengan kekenyalan mi analog yang ditambah karagenan. Makin tidak kenyal mi maka akan makin mudah dikunyah atau makin rendah nilai daya kunyahnya. Nilai daya kunyah pada mi

analog singkong yang ditambah karagenan yang cenderung lebih rendah dipengaruhi oleh proses retrogradasi pati pada saat mi analog singkong didinginkan dan interaksi pati amilosa-amilopektin. Proses retrogradasi mengakibatkan pembentukan struktur gel menjadi terhambat dan tekstur mi analog singkong menjadi lebih lunak dan daya kunyah menurun (Monica *et al.*, 2018). Pati amilosa pada produk akan membentuk gel yang kokoh, sedangkan amilopektin akan berperan dalam pembentukan struktur gel yang lebih lunak sehingga semakin banyak kadar amilopektin pada bahan akan meningkatkan kelunakan pada mi analog singkong yang dihasilkan (Haryanti *et al.*, 2014).

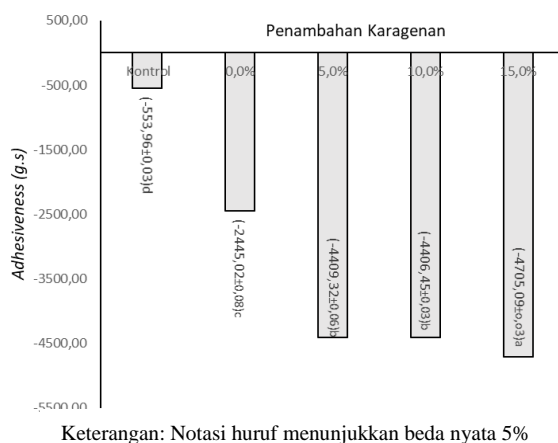
Menurut Kurniawati (2006), adanya penambahan hidrokoloid dapat menyebabkan penurunan dari amilosa yang terlarut, sehingga tekstur mi menjadi melunak dan daya kunyah pun semakin menurun karena sedikitnya fraksi amilosa yang mengalami retrogradasi. Adanya pengurangan retrogradasi pati ini disebabkan adanya pengurangan jumlah interaksi antara amilosa dan menghambat pembentukan struktur gel, sehingga mi analog singkong dengan penambahan hidrokoloid cenderung lebih lunak dan memiliki nilai daya kunyah yang lebih kecil

dibandingkan mi komersil terigu maupun mi analog singkong tanpa hidrokoloid (Alam *et al.*, 2009).

### Kelengketan (*Adhesiveness*)

Kelengketan (*adhesiveness*) merupakan sifat rheologi untuk mengatasi gaya tarik menarik antar permukaan makanan dan bahan lain yang saling bebersentuhan. Kelengketan sendiri merupakan suatu gaya yang dibutuhkan untuk menarik dan melepas bagian permukaan makanan dari lempeng kompresi (Ratnawati dan Afifah, 2018).

Hasil Anova menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan memberikan pengaruh nyata terhadap kelengketan mi analog berbasis singkong ( $p < 0,05$ ). Hasil uji lanjut Duncan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap kelengketan mi analog berbasis singkong matang

Gambar 3 menunjukkan penambahan karagenan sampai 15% belum mampu menurunkan kelengketan mi analog, tetapi

justru cenderung meningkatkan kelengketan mi analog. Hal ini diduga terkait dengan karakteristik kekentalan karagenan yang bersifat kental dan kekuatan gel karagenan yang kuat. Interaksi antara karagenan dengan pati singkong ternyata dapat meningkatkan kelengketan mi analog berbasis singkong. Daya lengket juga berkaitan erat dengan adanya kandungan pati bahan yang akan membentuk gel pada saat pemanasan. Menurut Shaliha *et al.* (2017), perlakuan pemanasan dengan suhu di atas 70 °C akan menyebabkan pati tergelatinisasi dan terbentuknya gel yang akan memengaruhi viskositas dan kelengketan dari bahan tersebut.

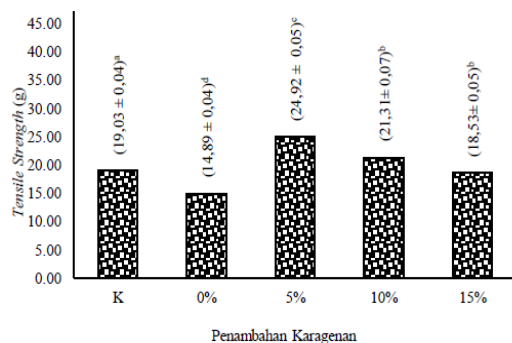
Peningkatan kelengketan mi analog berbasis singkong oleh penambahan karagenan juga dapat terjadi oleh karena menurunnya viskositas akibat gelatinisasi pati yang terhambat oleh adanya keberadaan mineral dan kadar serat kasar dari penambahan karagenan, sehingga menyebabkan penghambatan pengikatan air dan pengembangan pada pati mengakibatkan penurunan viskositas dan kekuatan gel. Penurunan kekuatan gel menyebabkan ketidakstabilan gel yang terbentuk, sehingga meningkatkan tingkat kelengketan dari mi analog singkong (Aini *et al.*, 2009).



### Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian *tensile strength* bertujuan untuk mengetahui kemampuan bahan untuk menahan beban maksimal ketika diregangkan sebelum bahan terputus atau sobek. Semakin tinggi nilai *tensile strength*, maka ketahanan kuat tarik pada mi akan lebih baik dan cenderung tidak mudah terputus (Winifati & Mubarak, 2020).

Hasil Anova menunjukkan bahwa penambahan karagenan berpengaruh nyata terhadap tingkat *tensile strength* dari mi analog singkong ( $p < 0,05$ ). Hasil uji lanjut Duncan *tensile strength* mi analog singkong dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap *tensile strength* mi analog berbasis singkong matang

Nilai *tensile strength* pada mi analog singkong tanpa hidrokoloid memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan mi komersil tepung terigu. Hal ini dapat dikarenakan adanya protein pada tepung terigu berupa gluten sebagai pengikat dan memberikan adonan yang elastis, sehingga mi komersil terigu cenderung tidak mudah

terputus apabila terjadi tekanan berupa tarikan maupun regangan (Rosalina *et al.*, 2018).

Pada Gambar 4 terlihat bahwa adanya penambahan karagenan dapat meningkatkan *tensile strength* dari mi analog singkong secara signifikan. Menurut penelitian Firdaus *et al.* (2018) pada mi dengan penambahan parsial mocaf dan karagenan dapat meningkatkan kuat tariknya, hal ini dikarenakan sifat karagenan yang berbahan dasar rumput laut memiliki sifat yang dapat mengikat air, sehingga penambahan karagenan dapat meningkatkan tekstur gel yang kuat dan tidak mudah terputus.

Gambar 4 juga memberikan informasi bahwa penggunaan karagenan dengan konsentrasi berlebihan dapat menurunkan *tensile strength* dari mi analog. Hal ini menurut Winifati & Mubarak (2020), adanya penambahan konsentrasi karagenan yang semakin meningkat dapat membuat kandungan air yang terperangkap menjadi semakin lebih banyak pada mi analog. Adanya penambahan karagenan membuat antar ikatan tekstur pada mi analog lebih mudah lepas seiring dengan gaya kuat tarik yang diberikan. Oleh karena itu, mi analog dengan penambahan karagenan 10% dan 15% cenderung memiliki nilai *tensile*

*strength* yang lebih rendah dibandingkan mi analog dengan karagenan 5%.

### Elastisitas

Pengujian *elasticity* bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari mi matang yang diberi tekanan pertama untuk kembali ke kondisi semula (Indrianti *et al.*, 2013). Nilai *elasticity* mi yang semakin tinggi menandakan bahwa mi memiliki sifat yang lebih elastis dan tidak mudah terputus (Monica *et al.*, 2018).

Hasil uji Anova dari elastisitas mi analog singkong menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi karagenan pada mi analog singkong tidak memberikan pengaruh nyata terhadap elastisitas mi ( $p > 0,05$ ). Nilai elastisitasnya berkisar antara -11,25 sampai -11,77 mm. Menurut Impaprasert *et al.* (2017), nilai elastisitas suatu produk memiliki korelasi yang positif dengan nilai kekenyalannya (*springiness*). Nilai kekenyalan mi analog singkong dengan penambahan karagenan juga tidak memberikan pengaruh nyata.

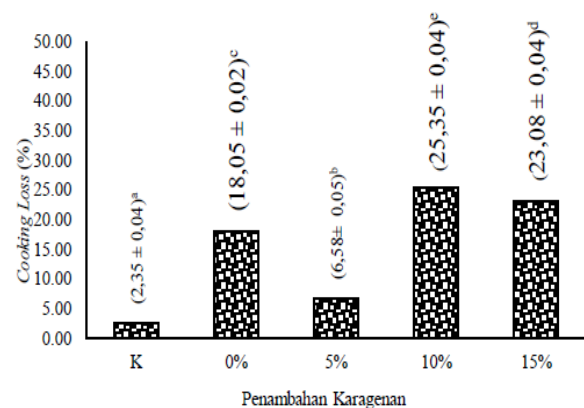
Elastisitas mi non-terigu atau mi pati menurut Indrianti *et al.* (2013), dapat dipengaruhi oleh kadar amilosa dan amilopektin pada bahan untuk terbentuknya proses gelatinisasi sehingga dapat membentuk adonan yang elastis. Penambahan karagenan pada mi analog singkong juga dapat mempertahankan

keelastisan produk sehingga nilai elastisitasnya tidak mengalami perubahan karena sifatnya yang dapat mengikat air dan membentuk gel untuk mempertahankan tekstur dan sifat elastis dari mi analog singkong (Firdaus *et al.*, 2018).

### Cooking Loss

Pengujian *cooking loss* atau kehilangan padatan akibat pemanasan bertujuan untuk mengetahui banyaknya jumlah padatan yang hilang atau keluar dari untaian mi selama berlangsungnya proses pemasakan ke air rebusan (Ratnawati & Afifah, 2018).

Hasil uji Anova *cooking loss* mi menunjukkan bahwa penambahan karagenan memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) pada mi analog singkong. Hasil uji lanjut Duncan untuk parameter *cooking loss* dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan: Notasi huruf menunjukkan beda nyata 5%

Gambar 5. Pengaruh konsentrasi karagenaan terhadap *cooking loss* mi analog berbasis singkong matang

Gambar 5 memperlihatkan secara umum bahwa *cooking loss* mi analog berbasis singkong lebih tinggi daripada mi terigu kontrol, meskipun demikian terdapat variasi *cooking loss* diantara mi analog berbasis singkong. Pada pembuatan mi non terigu yang berbahan dasar pati, dibutuhkan adonan tepung yang dapat mengalami gelatinisasi dan juga ada fraksi pati yang terlepas dan tersuspensi dalam air yang mengakibatkan air rebusan menjadi lebih keruh dan viskositas naik. Lepasnya pati adalah karena ketidakmampuan pati untuk gelatinisasi dan mempertahankan ikatan pada mi analog singkong (Indrianti *et al.*, 2013).

Penambahan karagenan sebesar 5% dapat menurunkan nilai *cooking loss* mi lebih rendah dibanding yang ditambah 10 dan 15% serta yang tidak ditambah karagenan. Hal ini sejalan dengan Kaur *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa penambahan hidrokoloid pada mi non-terigu memiliki nilai *cooking loss* yang lebih rendah dibandingkan dengan mi tanpa penambahan hidrokoloid. Hal ini disebabkan adanya hidrokoloid mampu membentuk ikatan kompleks antara amilosa dan hidrokoloid, sehingga proses *leaching* atau pelepasan amilosa dari granula pati yang menyebabkan kehilangan padatan terlarut akan menjadi

lebih sedikit (Ratnawati & Afifah, 2018).

Penambahan konsentrasi karagenan yang lebih tinggi dari 5% pada mi analog singkong dapat meningkatkan nilai *cooking loss* dari mi. Hal ini juga sesuai dengan Husna *et al.* (2017), bahwa penambahan hidrokoloid tinggi serat dengan konsentrasi yang tinggi seperti karagenan dengan perbandingan air yang sama akan menyebabkan penyatuan adonan menjadi kurang maksimal dan menyebabkan nilai *cooking loss* menjadi semakin meningkat (Indrianti *et al.*, 2013).

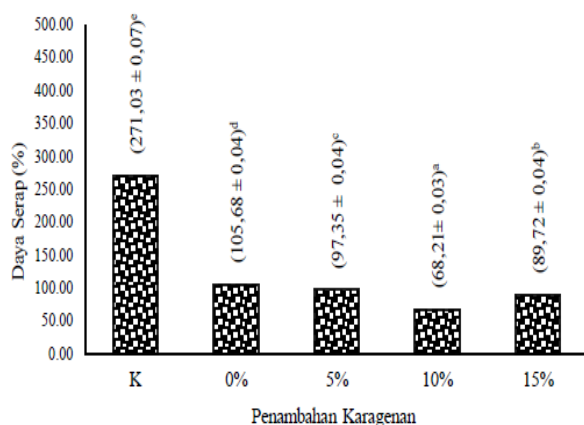
#### **Daya Serap Mi**

Daya serap mi menunjukkan kemampuan mi untuk menyerap air pada saat proses pemasakan secara maksimal dan juga dapat menunjukkan perubahan bentuk dari mi ketika proses pemasakan berlangsung (Dessuara, 2015). Menurut Rosa *et al.* (2015), daya serap air mi non-terigu memiliki batas penerimaan dalam rentang 100% - 200%.

Hasil Anova menunjukkan bahwa penambahan karagenan pada mi analog singkong memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap air mi ( $p < 0,05$ ). Hasil uji lanjut Duncan daya serap mi analog dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 secara umum memperlihatkan daya serap air mi analog singkong lebih rendah daripada mi kontrol

(terigu komersial). Hal ini sesuai dengan penelitian dari Biyumna *et al.* (2017), bahwa daya serap air pada mi berbasis non-terigu menghasilkan daya serap air yang cenderung lebih rendah dibandingkan mi berbasis terigu. Hal ini dikarenakan daya serap pada mi analog singkong berkaitan dengan sifat retrogradasi patinya, semakin tinggi kadar amilosa dalam bahan maka akan meningkatkan daya serap mi. Kadar amilosa pada tepung singkong dan tapioka cenderung lebih rendah dibandingkan kadar amilopektinnya, sehingga menyebabkan daya serap air mi pada mi analog singkong cenderung rendah dibandingkan mi terigu (Eliason & Gudmundsson, 2012).



Keterangan: Notasi huruf menunjukkan beda nyata 5%

Gambar 6. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap daya serap mi analog berbasis singkong matang

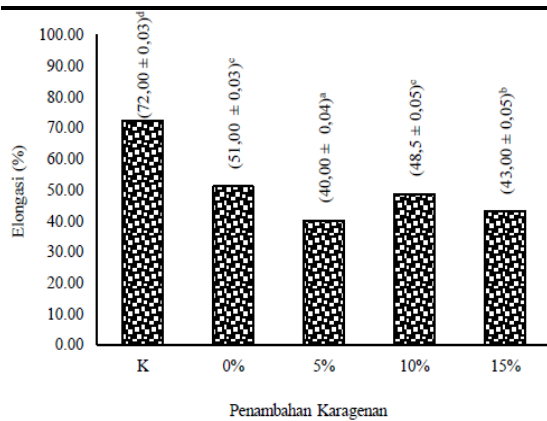
Penambahan konsentrasi karagenan pada mi analog singkong (Gambar 5) terlihat menurunkan daya serap air. Hal ini sesuai dengan penelitian Billina *et al.*

(2014), bahwa semakin banyak penambahan rumput laut pada mi basah akan menurunkan daya serap air dan daya pengembangan dari mi yang dihasilkan dibandingkan dengan mi tanpa penambahan rumput laut. Daya serap mi juga memiliki hubungan dengan *cooking loss* mi, yaitu ketika *cooking loss* mi meningkat akan menurunkan nilai daya serapnya.

### Elongasi

Elongasi merupakan perubahan panjang mi maksimum saat mi diberikan gaya tarik hingga terputus dan dinyatakan dalam satuan persentase. Elongasi biasanya dipengaruhi oleh kandungan gluten, amilosa dan amilopektin serta proses pengadonan dan komposisi adonan (Rosmauli, 2016).

Hasil uji Anova menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi karagenan berpengaruh nyata terhadap nilai elongasi pada mi analog singkong ( $p < 0,05$ ). Hasil uji lanjut Duncan elongasi mi analog singkong dapat dilihat pada Gambar 7.



Keterangan: Notasi huruf menunjukkan beda nyata 5%

Gambar 7. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap elongasi mi analog berbasis singkong matang

Gambar 7 memperlihatkan elongasi mi analog singkong masih lebih rendah daripada mi kontrol (mi terigu komersial) dan penambahan karagenan juga belum meningkatkan elongasi mi analog. Menurut Tethool (2011), persen elongasi dipengaruhi oleh besarnya nilai *tensile strength*. Nilai *tensile strength* yang lebih tinggi akan menandakan bahwa sifat dari mi analog singkong menjadi lebih kompak, sehingga nilai elongasi mengalami penurunan atau lebih rendah.

Penurunan elongasi pada mi analog singkong dengan penambahan karagenan dapat disebabkan oleh sifat karagenan yang cenderung akan membentuk agregat berupa jala-jala yang berikatan sangat kuat, sehingga adanya penambahan karagenan dapat membentuk tekstur yang kaku dan rigid. Hal ini dapat menyebabkan elastisitas dari mi analog menjadi rendah dikarenakan gel yang dihasilkan menjadi

mengerut dan bersifat mudah hancur atau pecah, sehingga mi analog singkong dengan penambahan karagenan cenderung memberikan nilai elongasi yang lebih rendah dibandingkan mi komersial terigu dan mi analog singkong tanpa penambahan karagenan (Marzelly, 2017).

### Karakteristik Organoleptik Perbandingan Mi Analog Dengan Mi Kontrol

Karakteristik organoleptik mi analog berbasis singkong dibandingkan dengan mi kontrol (mi terigu komersial) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan jamak mi analog dengan kontrol (mi terigu komersial)

Sifat Mi	Penambahan Karagenan			
	0%	5%	10%	15%
Kekenyalan	4,01	3,36	4,14	3,56
Kelengketan	3,19	2,83	3,25	3,17
Kekerasan	4,92	4,67	5,22	4,56

Keterangan;

- Skor 1 = sangat lebih kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 2 = lebih kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 3 = agak sedikit kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 4 = sama kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 5 = agak tidak kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 6 = lebih tidak kenyal /lengket/keras daripada kontrol
- Skor 7 = sangat tidak kenyal /lengket/keras daripada kontrol

Tabel 2 memperlihatkan bahwa penambahan karagenan dapat meningkatkan kekenyalan mi analog singkong sehingga menyamai mi terigu kontrol, khususnya penambahan 10% karagenan. Tingkat kekenyalan yang dimiliki oleh mi berbasis tepung terigu dipengaruhi oleh adanya kandungan protein gluten yang akan membentuk

tekstur yang kokoh, lebih elastis serta lebih kenyal (Rosalina *et al.*, 2018). Tekstur kenyal pada mi singkong dipengaruhi oleh kandungan pati yang terdapat pada singkong dan juga interaksi dengan hidrokoloid. Pati akan mengalami gelatinisasi dan pembentukan gel dapat terjadi berinteraksi dengan hidrokoloid karagenan sehingga membentuk gel yang kokoh dan memberikan sifat kenyal pada mi analog singkong (Fitriani, 2013).

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa mi analog singkong memiliki nilai sekitar 3 (agak sedikit lengket dibandingkan kontrol). Kelengketan mi analog berbasis singkong terkait dengan kandungan amilopektin lebih tinggi pada singkong, sedangkan pada mi terigu ketidangelketan terkait dengan adanya gluten pada terigu yang memberikan sifat plastis (Yuliani *et al.*, 2020).

Tabel 2 juga menunjukan hasil uji perbandingan kekerasan mi analog singkong lebih lembek (agak tidak keras) dibandingkan kontrol mi terigu khususnya pada penambahan karagenan 10% Menurut Umri *et al.* (2017), tekstur pada mi tepung terigu dipengaruhi oleh adanya kandungan gluten yang akan membuat ikatan antar granula pati menjadi lebih rapat, sehingga membuat mi yang dihasilkan menjadi kuat dan kenyal atau keras dibandingkan

dengan mi tanpa gluten. Mi analog singkong dengan karagenan lebih lunak dikarenakan karagenan merupakan serat pangan yang dapat larut air sehingga akan memiliki kemampuan untuk mengikat dan menangkap air yang ada pada matriks pangan. Air yang terperangkap akan membuat mi menjadi lembab dan gel yang terbentuk cenderung akan melunak (Siregar *et al.*, 2017).

### Hedonik Mi Analog

Hedonik atau tingkat kesukaan mi analog berbasis singkong dan mi terigu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik hedonik mi analog

Atribut	Mi terigu	Penambahan Karagenan			
		0%	5%	10%	15%
Kekenyalan	5,19	5,28	4,44	4,67	4,08
Kelengketan	5,61	4,58	4,14	4,30	4,11
Kekerasan	5,36	5,05	4,17	4,39	4,14
Keseluruhan	5,31	5,08	4,26	4,47	4,31

Keterangan:

Skala 1= Sangat tidak suka; 2= Tidak suka; 3= Agak tidak suka; 4= Netral; 5= Agak suka; 6= Suka; 7=Sangat suka

Tingkat kesukaan terhadap kekenyalan mi analog singkong yang ditambah karagenan (Tabel 3) lebih rendah daripada mi terigu komersial. Hal ini kemungkinan terkait dengan kekenyalan mi analog yang sedikit lebih tinggi (Tabel 2). Tekstur kenyal pada mi singkong dipengaruhi oleh kandungan pati yang terdapat pada singkong dan juga interaksi dengan hidrokoloid (Fitriani, 2013).

Tingkat kesukaan kelengketan mi analog yang ditambah dengan karagenan juga masih lebih rendah daripada mi terigu kontrol, namun demikian tingkat kelengketannya masih bisa diterima panelis. Tingkat kesukaan terhadap kelengketan mi analog yang lebih rendah barang kali terkait dengan kelengketan mi analog yang lebih tinggi daripada mi terigu kontrol karena kandungan pati amilopektin yang lebih tinggi yang berinteraksi dengan karagenan (Aini *et al.*, 2009).

Nilai hedonik pada mi analog singkong dengan penambahan karagenan cenderung menurun dibandingkan dengan mi terigu kontrol, namun panelis masih dapat menerima tingkat kekerasan mi analog singkong yang ditambah karagenan. Hal ini diduga terkait dengan kekerasan mi analog singkong–karagenan yang lebih keras daripada mi terigu (Tabel 2).

Pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa tingkat kesukaan mi berada pada kisaran 4,31 – 5,31 yaitu antara netral hingga agak suka. Panelis cenderung lebih menyukai mi komersil dengan terigu dibandingkan dengan mi analog singkong yang diberi konsentrasi karagenan, namun panelis masih dapat menerima secara keseluruhan produk mi analog singkong dengan penambahan karagenan.

## KESIMPULAN

Penambahan karagenan pada mi analog berbasis singkong dapat menurunkan kekenyalan, daya kunyah, daya serap air, dan elongasi mi, tetapi menaikkan kelengketan, kuat tarik, dan elastisitas mi analog.

Mi analog yang karakteristik kekenyalan, kelengketan, dan kekerasannya mendekati mi terigu komersil adalah yang ditambah karagenan 10%. Tingkat kesukaan terhadap mi analog berbasis singkong yang ditambah karagenan 10% masih di bawah mi terigu komersil yang mencapai tingkat hedoni agak suka (skor 5,0), meskipun demikian tingkat kesukaan mi analog mencapai netral sampai agak suka (4,5-5,0).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Yayasan Pelita Harapan yang telah memberikan dana penelitian melalui LPPM dengan Nomor P-007-FaST/II/2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Haryadi, P., Muchtadi, T.R., & Andarwulan, N. (2009). Hubungan sifat kimia dan rheologi tepung jagung putih dengan fermentasi spontan butiran jagung. *Jurnal Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*, 32(1), 33-43.
- Akhmad, A.Z., Cinantya, D., & Adeline. (2013). Development of wet noodles based on cassava flour. *Journal of Engineering Technology and*

- Science*, 45(1), 97-111.  
<https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2013.45.1.7>
- Alam, F.A., Siddiqui, Z., Lutfi, A., & Hasnain. (2009). Effect of different hydrocolloids on gelatinization behaviour of hard wheat flour. *Trakia Journal of Sciences*, 7(1), 1–6.
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis. Washington DC: The Association Official Analytical Chemists.
- Ardianto, A., Jamaluddin, P., & Mohammad, W. (2017). Perubahan kadar air ubi kayu selama pengeringan menggunakan pengering kabinet. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(1), 112-116.  
<https://doi.org/10.26858/jptp.v3i0.5471>
- Badan Standar Nasional. (1996). *Tepung singkong*. SNI 01-2997-1996. Jakarta: Indonesia.
- Badan Standar Nasional. (2011). *Tepung tapioka*. SNI 3541: 2011. Jakarta: Indonesia.
- Billina, A., Waluyo, S., & Suhandy, D. (2014). Kajian sifat fisik mie basah dengan penambahan rumput laut. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(2), 109-116.
- Biyumna, U.L., Windrati, W.S., & Diniyah, N. (2017). Karakteristik mie kering terbuat dari tepung sukun (*Artocarpis altilis*) dan penambahan telur. *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 23-34. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v11i1.5440>
- Chandra, M.V., & Shamasundar, B.A. (2015). Texture profile analysis and functional properties of gelatin from the skin of three species of freshwater fish. *International Journal of Food Properties*, 18(1), 572-584.  
<https://doi.org/10.1080/10942912.2013.845787>
- Dessuara, C.F., Waluyo, S., & Novita, D.D. (2015). Pengaruh tepung tapioka sebagai bahan substitusi tepung terigu terhadap sifat fisik mie herbal basah. *Jurnal Teknik Pertanian*, 4(2), 81-90.
- Eliason, A.C., & Gudmundsson, M. (2012). Starch: physicochemical and functional aspect. In A.C. Eliason (Eds.), *Carbohydrate in Food*. New York: Marcel Dekker.
- Esti & Prihatman, K. (2000). *Gaplek*. Jakarta: BPP Teknologi.
- Firdaus, M., Jaziri, A.A., Sari, D.S., Yahya., & Prihanto, A.A. (2018). Fortifikasi tepung eucheuma cottoni pada pembuatan mie kering. *Indonesian Journal of Halal*, 1(2), 109-116.  
<https://doi.org/10.14710/halal.v1i2.3667>
- Fitriani. (2013). *Pengembangan produk makaroni dari campuran jiwawut (Setaria italica L.) ubi jalar ungu (Ipomea batatas varietas Ayanyraski) dan terigu* (thesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Haryanti, P., Setyawati, R., & Wicaksono. (2014). Pengaruh suhu dan lama pemanasan suspensi pati serta konsentrasi butanol terhadap karakteristik fisikokimia pati tinggi amilosa dari tapioka. *Jurnal Agritech*, 34(3), 1-8.  
<https://doi.org/10.22146/agritech.9459>
- Husna, N.E.L., Lubis, Y.M., & Ismi, S. (2017). Sifat fisik dan sensori mie basah dari pati sagu dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 22(2),



- 99-106.  
<http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v22i2.99-106>
- Impaprasert, R.S., Piyarat, N., Sophontanakij, N., Sakulnate, S., Paengkanya, C., Borompichaichartkul, G., & Srzednicki. (2017). Rehydration and textural properties of dried konjac noodles: effect of alkaline and some gelling agents. *Journal of Horticulturae*, 3(20), 1-10.  
<https://doi.org/10.3390/horticulturae3010020>
- Indrianti, N., Sholichah, E., & Darmajana, D.A. (2014). Proses pembuatan mi jagung dengan bahan baku tepung jagung 60 mesh dan teknik sheeting-slitting. *Jurnal Pangan*, 2(3), 256-266.  
<https://doi.org/10.33964/jp.v23i3.258>
- Inglett, G.E., Peterson, S.C., Carriere, C.J., & Maneepun. (2015). Rheological, textural, and sensory properties of asian noodles containing an oat cereal hydrocolloid. *Food Chemistry*, 90(1), 1-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.023>
- Kaudin, O., Patadjai, Andi, B., & Isamu, K.T. (2019). Studi penambahan karagenan *Euchema cottoni* dalam pembuatan mie basah berbasis tepung sagu (*Metroxylons* sp.). *Jurnal Fish Protech*, 2(2), 251-259.  
<http://dx.doi.org/10.33772/jfp.v2i2.9477>
- Kaur, A., Syehkani, K., Singh, N., Sharma, P., & Kaur, S. (2015). Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle making properties of potato, corn, and mug bean starches. *Journal Food Science Technology*, 52(12), 8113-8121.  
<https://dx.doi.org/10.1007%2Fs13197-015-0654-5>
- 7-015-1954-5
- Kurniawati, R.D. (2006). *Penentuan desain proses dan formulasi optimal pembuatan mi jagung basah berbasahdasar pati jagung dan corn gluten meal (CGM)* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Springer.
- Marzelly, A.D., Yuwanti, S. & Lindriati, T. (2017). Karakteristik fisik, kimia, dan sensoris fruit leather pisang ambon (*Musa paradisiaca* s.) dengan penambahan gula dan karagenan. *Jurnal Agroteknologi*, 11(02), 173-185. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v11i02.6526>
- Mesda, B.M. (2002). *Pencampuran tepung kassava dan gluten serta penambahan kalsium hidroksida sebagai penganting bleng dalam pembuatan mie kassava basah* (Skripsi). Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Monica, L., Giriwono, P.E., & Rimbawan. (2018). Pengembangan mi kering berbahan dasar ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L.) sebagai pangan fungsional tinggi serat. *Jurnal Mutu Pangan*, 5(1), 17-24.
- Mulyadi, A.F., Wijana, S., Dewi, L.A., & Putri, W.I. (2014). Karakteristik organoleptik produk mie kering ubi jalar kuning (*Ipomea batatas*) (kajian penambahan telur dan CMC). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(1), 25-26.
- Okwundu, O.S., & Aluyor, E.O. (2015). Development of whole cassava based instant noodles. *International Journal of Agriculture and Earth Science*, 1(8), 34-47.
- Ratnawati, L., & Afifah, N. (2018). Pengaruh muba guar gum,

- carboxymethyl-cellulose* (CMC) dan karagenan terhadap kualitas mi yang terbuat campuran mocaf, tepung beras dan tepung jagung. *Pusbang TTG-LIPI*, 27(1), 43-54.
- Rosalina, L., Suyanto, A., & Yusuf, M. (2018). Kadar protein, elastisitas, dan mutu hedonik mie basah dengan substitusi tepung ganyong. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.26714/jpg.8.1.2018.1-10>
- Rosmauli, J.F. (2016). *Substitusi tepung sorghum terhadap elongasi dan daya terima mie basah dengan volume air yang proposional* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah, Surakarta, Indonesia.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M.P. (2010). *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor: IPB Press.
- Sihmawati, R.R., Rosida, D.A., & Pajaitan, T.W.S. (2019). Evaluasi mutu mie basah dengan substitusi tepung porang dan karagenan sebagai pengental alami. *Jurnal Teknik Industri Heuristic*, 16(1), 45-55. <https://doi.org/10.30996/he.v16i1.2485>
- Siregar, J.A. Nainggolan, R.J., & Numinah, M. (2017). Pengaruh jumlah karagenan dan lama pengeringan terhadap mutu bubuk cincau hitam instan. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 5(1), 89-95.
- Sun, K.N., Liao, A.M., Zhang, F., Thakur, K., Zhang, J.G., Huang, J.H., & Wei, Z.J. (2019). Microstructural, textural, sensory properties and quality of wheat-yam composite flour noodles. *Foods Journal*, 8(519), 1-13. <https://doi.org/10.3390/foods8100519>
- Tasia, C. (2020). *Karakterisasi fisik dan sensori mi singkong kering dengan variasi jenis protein serta rasio tepung singkong dan tapioka* (Skripsi). Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia.
- Tethool, E.F. (2011). *Pengaruh heat moisture treatment, penambahan gliserol monostearat serta rasio campuran tepung singkong dan pati sagu terhadap sifat fisikokimia sohun* (Thesis), Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Tharise, N., Elisa, J., & Nurminah, M. (2014). Evaluation of physico-chemical and functional properties of composite flour from cassava, rice, potato, soybean, and xanthan gum as alternative of wheat flour. *International Food Research Journal*, 21(4), 1641-1649.
- Umri, A.W., Nurrahman., & Wikanastri, H. (2017). Kadar protein, *tensile strength*, dan sifat organoleptik mie basah dengan substitusi tepung mocaf. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 7(1), 38-47. <https://doi.org/10.26714/jpg.7.1.2017.38-47>
- Van de velde, F., Antipova, A.N., Rollema, H.S., Burovo, T.V., Grinberg, N.V., Pereira, L., Gilsenan, P.M., Tromp R.H., Rudoph, B., & Grinberg, V. (2001). The structure of kappa/iota-hybrid carrageenans II. Coil-helix transition as a function of chain composition. *Carbohydrate Research*, 340: 1113-1129. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2005.02.015>
- Winifati, Y.E., & Mubarok, A.Z. (2020). Pengaruh konsentrasi karagenan dan tepung terigu terhadap karakteristik fisik *fruit leather* apel anna (*Malus domestica*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 8(2), 86-94.

---

Yuliani, H., Rasyid, M.I., Triandita, N., & Angraeni, L. (2020). Karakteristik organoleptik mi kering berbasis tepung terigu pada berbagai tingkat penambahan pure bonggol pisang. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pangan*, 2 (1), 8-13.

Zarkasie, I.M., Prihandini, W.W., Gunawan S., & Wirawasista, A.H. (2017). Pembuatan tepung singkong termodifikasi dengan kapasitas 300.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 2337-3520. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24923>