

## Pengaruh perbedaan komposisi bahan terhadap kualitas tekstur mi konjak

*The effect of differences in ingredient composition on the textural quality of konjac noodles*

Ferdy Pratama<sup>1)</sup>, Bunga Raya Ketaren<sup>1)\*</sup>, Norzaleha Binti Kasim<sup>2)</sup>, Maisarah Binti Shamsulkamal<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

<sup>2)</sup>Bioprocessing Programme, Malaysia Agriculture Research and Development Institute (MARDI), Selangor, Malaysia

\*Email korespondensi: Email: [bungarayaketaren@umsu.ac.id](mailto:bungarayaketaren@umsu.ac.id)

### Informasi artikel:

Dikirim: 26 Januari 2026; disetujui: 04 Februari 2026; diterbitkan: 31 Maret 2026

### ABSTRACT

*Konjac noodles are functional foods characterized by low calorie content, high soluble fiber, and gluten-free properties. The textural quality of konjac noodles is highly dependent on differences in ingredient composition, particularly the interaction between konjac glucomannan (KGM), calcium hydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) as a cross-linking agent, and additional hydrocolloids or starch. This study aimed to examine the effect of variations in the composition of these ingredients on the textural quality of konjac noodles, as represented by tensile strength and elasticity. A factorial experimental design was applied using the same types of ingredients with varying proportions, and texture analysis was conducted using a texture analyzer. The results showed significant differences in textural properties among formulations. Batch F3 exhibited the highest tensile strength (24.08 g) and elasticity (−36.08 mm), indicating the formation of a strong and flexible gel structure with relatively low variability. Conversely, Batches F2 and F14 produced weak and unstable gel structures, while Batch F4 resulted in a rigid gel with limited elasticity. These findings indicate that the textural quality of konjac noodles is influenced by differences in ingredient composition, where an appropriate balance between tensile strength and elasticity is essential to obtain a stable and desirable texture.*

**Keywords:** konjac noodles, ingredient composition, tensile strength, elasticity

### ABSTRAK

Mi konjak merupakan pangan fungsional yang memiliki kandungan kalori rendah, serat larut tinggi, serta bersifat bebas gluten. Kualitas tekstur mi konjak sangat dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan, khususnya interaksi antara konjac glucomannan (KGM), kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) sebagai agen pengikat silang, serta penambahan hidrokoloid atau pati. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perbedaan komposisi bahan terhadap kualitas tekstur mi konjak yang ditinjau dari parameter kekuatan tarik dan elastisitas. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan jenis bahan yang sama namun proporsi yang berbeda, dan analisis tekstur dilakukan menggunakan texture analyzer. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar formulasi. Formulasi F3 menunjukkan nilai kekuatan

tarik tertinggi (24,08 g) dan elastisitas terbaik (−36,08 mm), yang mengindikasikan terbentuknya struktur gel yang kuat dan fleksibel dengan tingkat variasi yang rendah. Sebaliknya, formulasi F2 dan F14 menghasilkan struktur gel yang lemah dan tidak stabil, sedangkan formulasi F4 membentuk gel yang kaku dengan elastisitas yang terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas tekstur mi konjak tidak hanya ditentukan oleh nilai mekanik yang tinggi, tetapi juga oleh keseimbangan dan stabilitas antara kekuatan tarik dan elastisitas, sehingga menghasilkan tekstur mi konjak yang konsisten dan diinginkan.

**Kata kunci:** mi konjak, komposisi bahan, kekuatan tarik, elastisitas

## PENDAHULUAN

Mie konjak adalah produk makanan fungsional yang berkembang pesat karena nilai kalorinya yang rendah, kandungan serat larut yang tinggi, sifatnya yang bebas gluten, dan kemampuannya untuk menimbulkan rasa kenyang yang berkepanjangan, menjadikannya menarik bagi konsumen yang mengikuti diet rendah karbohidrat atau kontrol berat badan (Li *et al.*, 2024). Komponen struktural utama dari mi konjak adalah konjak glukomanan (KGM), polisakarida larut air yang mampu membentuk gel stabil secara termal melalui deasetilasi dan agregasi antarmolekul di bawah kondisi basa dan pemanasan, menghasilkan jaringan tiga dimensi yang padat (Takeno *et al.*, 2022). Kemampuan membentuk gel ini menjelaskan kemampuan KGM untuk menghasilkan struktur mie yang kohesif bahkan pada konsentrasi yang relatif rendah.

Secara struktural, KGM terdiri dari unit D-mannosa dan D-glukosa yang terhubung secara linier  $\beta$ -1,4 dengan rasio sekitar 1,6:1, yang memberikan kapasitas pengikatan air yang tinggi dan ikatan hidrogen antar rantai yang kuat. Sifat-sifat ini meningkatkan viskositas larutan dan mendorong pembentukan gel dengan kekuatan tarik tinggi (Cao *et al.*, 2024). Berbagai penelitian melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi KGM meningkatkan kepadatan gel dan kekuatan mekanik; namun, konsentrasi yang berlebihan dapat memengaruhi elastisitas dan kekenyalan secara negatif, menghasilkan tekstur yang terlalu kaku (Li *et al.*, 2024). Ini menunjukkan perlunya optimasi formulasi daripada penambahan KGM maksimal.

Agan penghubung silang, khususnya kation divalen seperti  $\text{Ca}^{2+}$ , lebih lanjut memengaruhi kekuatan gel dengan membentuk jembatan ionik antara rantai polisakarida, sehingga memperkuat jaringan gel. Sementara kadar  $\text{Ca}^{2+}$  sedang meningkatkan kekuatan tarik dan kekenyalan, ikatan silang yang berlebihan dapat menghasilkan gel yang rapuh dan kurang elastis. Studi sebelumnya telah menekankan pentingnya menjaga keseimbangan optimal antara KGM dan cross-linker untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan dalam produk berbasis konjak.

Selain pengikat silang, hidrokoloid tambahan termasuk  $\kappa$ -karagenan, xanthan gum, dan guar gum telah ditambahkan untuk memodifikasi tekstur dan integritas struktural gel konjak. Interaksi antara KGM dan hidrokoloid melalui ikatan hidrogen atau pembentukan heliks ganda dapat meningkatkan kekerasan, kekenyalan, dan kekenyalan, meskipun jaringan yang terlalu padat dapat mengganggu elastisitas (Cheng *et al.*, 2022). Di antara ini,  $\kappa$ -karagenan sering dilaporkan secara sinergis memperkuat jaringan polisakarida melalui mekanisme agregasi heliks.

Faktor-faktor pemrosesan seperti pH juga memainkan peran penting dalam pembentukan gel. Kondisi basa mendorong destilasi KGM, memfasilitasi interaksi antarmolekul yang lebih kuat dan jaringan gel yang lebih padat. Namun demikian, kadar pH yang terlalu tinggi dapat menghasilkan tekstur yang terlalu kaku dan mengurangi fleksibilitas, yang menggarisbawahi pentingnya perlakuan alkali yang terkontrol selama pengolahan mie (Li *et al.*, 2024).

Selain pembentukan gel, interaksi

antara KGM dan bahan berbasis pati (misalnya, tepung beras atau pati tapioka) secara signifikan memengaruhi perilaku gelatinisasi dan tekstur akhir. KGM bersaing untuk mendapatkan air selama gelatinisasi pati, memodifikasi reologi pasta, dan mengubah kekompakan gel, sehingga memengaruhi kekenyalan dan elastisitas mi (Lu *et al.*, 2024). Strategi modifikasi permukaan, seperti pelapisan kitosan, juga terbukti meningkatkan kekuatan tarik, kecerahan warna, dan ketahanan air melalui interaksi elektrostatis antara gugus amino dan hidroksil (Wang *et al.*, 2023). Selain itu, KGM berkontribusi pada stabilitas penyimpanan dengan menghambat retrogradasi pati dan migrasi air, membantu mempertahankan tekstur selama penyimpanan (Jean *et al.*, 2014).

Di Indonesia, mie konjak yang berasal dari porang (*Amorphophallus muelleri*) telah menarik perhatian yang semakin besar. Studi lokal melaporkan bahwa variasi konsentrasi glukomanan dan perlakuan alkali secara signifikan memengaruhi kekuatan gel, kekenyalan, kehilangan saat memasak, dan kapasitas rehidrasi, dengan formulasi optimal menghasilkan mie yang kuat dan elastis (Dipahayu *et al.*, 2020). Namun, penelitian-penelitian ini umumnya mengevaluasi variabel formulasi secara terpisah dan terutama berfokus pada parameter tekstur yang terbatas.

Meskipun telah banyak dilakukan penelitian mengenai faktor-faktor individual seperti konsentrasi konjak glukomanan (KGM), penggunaan agen pengikat silang, maupun penambahan hidrokoloid tunggal, kajian yang secara sistematis mengevaluasi efek gabungan dari kadar KGM, konsentrasi pengikat silang, dan perbedaan jenis hidrokoloid terhadap kekuatan tarik, elastisitas, serta kualitas tekstur mi konjak masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya cenderung menelaah satu variabel secara terpisah, sehingga pemahaman mengenai interaksi sinergis atau antagonis antar komponen dalam sistem gel multikomponen belum sepenuhnya komprehensif.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi bahan, meliputi konsentrasi konjak glukomanan, konsentrasi agen pengikat silang, dan jenis hidrokoloid, serta interaksi antar variabel formulasi terhadap kekuatan tarik, elastisitas, dan kualitas tekstur mi konjak. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kombinasi formulasi yang optimal dalam menghasilkan mi konjak dengan karakteristik tekstur yang kuat, elastis, dan stabil secara struktural.

## METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas karagenan, carboxymethyl cellulose (CMC), sodium alginat, kalsium laktat, tepung konjak, pati kentang, air, dan air kapur. Karagenan berfungsi sebagai pembentuk gel untuk menghasilkan tekstur yang kokoh. CMC digunakan sebagai penstabil untuk meningkatkan kualitas dan memperbaiki tekstur mi. Sodium alginat berperan dalam pembentukan jaringan gel yang mendukung karakteristik tekstur produk. Kalsium laktat digunakan sebagai agen pengikat silang (cross-linking agent) dalam pembentukan gel glukomanan dari tepung konjak. Tepung konjak berfungsi sebagai bahan utama pembentuk struktur gel pada mi konjak. Pati kentang digunakan sebagai bahan pengisi (filler) dan penstabil tekstur. Air digunakan sebagai pelarut dan media hidrasi seluruh bahan, sedangkan air kapur berfungsi sebagai agen alkali yang membantu aktivasi dan pembentukan gel glukomanan.

### Alat

Peralatan utama meliputi timbangan analitik digital, pengaduk mekanis, panci pemanas dilengkapi termometer, cetakan ekstrusi mie, unit perebusan, oven pengering, desikator, Penganalisis Tekstur, mikroskop optik atau mikroskop elektron pemindaian (SEM), kolorimeter, pH meter, dan refraktometer digital ( $^{\circ}$ Brix). Pemilihan instrumen-instrumen ini mengikuti prinsip-

prinsip pengujian reologi dan karakterisasi fisikokimia gel polisakarida yang telah ditetapkan, yang banyak diterapkan dalam sistem pangan berbasis mie dan hidrokoloid (Deng *et al.*, 2023).

### Metode/ pelaksanaan

Bahan-bahan ditimbang sesuai dengan berat yang telah ditentukan menggunakan timbangan digital, kemudian dilarutkan dengan air kapur hingga homogen. Tepung konjak dan pati kentang dimasukkan ke dalam panci stainless steel dan diaduk hingga tercampur merata. Selanjutnya, campuran bahan yang telah dilarutkan dengan air kapur ditambahkan ke dalam panci yang berisi tepung konjak dan pati kentang.

Seluruh bahan kemudian dihomogenisasi menggunakan mixer selama  $\pm 3$  menit pada kecepatan 6. Setelah itu, adonan kembali diaduk dan dimixer selama  $\pm 7$  menit pada kecepatan 3 hingga terbentuk gumpalan adonan. Adonan yang terbentuk didiamkan selama 25–30 menit dan ditutup menggunakan aluminium foil.

Setelah proses pendiaman, aluminium foil dibuka dan adonan dimasukkan ke dalam pasta maker untuk proses pencetakan mi. Air kemudian dipanaskan dalam panci hingga mencapai suhu 80–90 °C. Adonan mi yang telah dicetak dimasukkan ke dalam air panas dengan cara diputar dan direbus selama beberapa menit hingga mi terbentuk sempurna.

Mi yang telah direbus selanjutnya direndam dalam air dingin yang mengandung es batu untuk memperkuat tekstur mi. Selanjutnya, mi konjak dimasukkan ke dalam plastik kemasan. Total terdapat enam formulasi mi konjak yang dikemas secara terpisah. Plastik kemasan kemudian ditutup menggunakan plastik sealer dengan cara ditekan hingga rapat sehingga tidak terdapat celah udara. Keenam formulasi mi konjak tersebut selanjutnya siap untuk dilakukan pengujian.

### Analisis fisikokimia dan tekstur

Kekuatan tarik dan elastisitas diukur menggunakan Penganalisis Tekstur dengan metode pengujian tarik. Gaya tarik

maksimum dan perpanjangan saat putus dicatat, karena parameter ini mencerminkan kerapatan jaringan gel dan kekuatan interaksi rantai dalam matriks berbasis KGM (Cao *et al.*, 2024). Setiap formulasi diuji rangkap tiga ( $n = 3$ ).

Kadar air ditentukan secara gravimetri dengan mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 105 °C hingga berat konstan, sedangkan kehilangan saat memasak dihitung sebagai persentase padatan yang larut ke dalam air rebusan relatif terhadap berat awal mie. Metode-metode ini banyak digunakan untuk menilai retensi air dan integritas struktural produk mie yang mengandung hidrokoloid dan pati (Zhang *et al.*, 2025). Semua pengukuran dilakukan dalam tiga replikasi independen.

pH dan padatan terlarut total (°Brix) diukur menggunakan pH meter digital yang dikalibrasi dan refraktometer, masing-masing, dengan tiga ulangan per perlakuan. pH dimasukkan sebagai indikator stabilitas alkali dan pengaruhnya terhadap deasetilasi KGM serta kekerasan gel, sementara °Brix digunakan untuk mencerminkan konsentrasi komponen larut yang dilepaskan ke dalam fase air, yang mungkin mengindikasikan degradasi gel parsial atau solubilisasi polisakarida. Parameter-parameter ini umumnya digunakan dalam sistem berbasis gel dan mie untuk menilai stabilitas fisikokimia selama pemrosesan dan penyimpanan.

Analisis warna dilakukan menggunakan kolorimeter untuk menentukan nilai  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ , karena atribut warna dapat dipengaruhi oleh perlakuan alkali, interaksi hidrokoloid, dan distribusi air dalam matriks gel. Pengukuran dilakukan tiga kali. Mikro struktur gel diamati menggunakan mikroskopi optik atau SEM untuk mengevaluasi ukuran pori, kekompakan jaringan, dan distribusi ikatan silang. Observasi mikro struktur memberikan dukungan kualitatif untuk hasil pengujian mekanik dan banyak digunakan dalam studi gel polisakarida untuk menjelaskan perilaku tekstur.

## Analisis data

Semua data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menentukan pengaruh faktor individu dan interaksinya terhadap sifat mie. Ketika perbedaan signifikan terdeteksi ( $p < 0,05$ ), uji post-hoc HSD Tukey diterapkan untuk mengidentifikasi perbedaan di antara rata-rata perlakuan. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS atau R pada tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Pendekatan analitis ini mengikuti prinsip analisis varians standar untuk desain eksperimen multi-faktor dan sesuai untuk mengidentifikasi kombinasi formulasi optimal dalam penelitian pangan terapan (Montgomery, 2017).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi kinerja tekstur mi konjak yang diproduksi dari berbagai formulasi, kekuatan tarik dan elastisitas dianalisis sebagai parameter mekanik utama. Kekuatan tarik mencerminkan integritas struktural dan kekokohan jaringan gel, sedangkan elastisitas menunjukkan kemampuan mie untuk mengalami deformasi sebelum putus, yang berkaitan erat dengan kekenyalan dan penerimaan sensoris produk. Kedua parameter ini secara luas digunakan sebagai indikator mutu tekstur pada produk mie berbasis konjak. Ringkasan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1 untuk memungkinkan perbandingan performa mekanik serta kestabilan tekstur antar batch formulasi.

Tabel 1. Hasil pengukuran kekuatan tarik dan elastisitas pada berbagai batch mie konjak

Batch	Kekuatan tarik (g)	SD	CV (%)	Elastisitas (mm)	SD	CV (%)
F2-2.10.25	11,43 <sup>a</sup>	2,10	18,37	-20,56 <sup>ab</sup>	6,20	75,70
F3-2.10.25	24,08 <sup>c</sup>	2,89	12,00	-36,08 <sup>c</sup>	7,84	21,73
F5-2.10.25	16,51 <sup>b</sup>	6,90	41,79	-18,47 <sup>ab</sup>	8,90	59,84
F4-2.10.25	14,06 <sup>b</sup>	1,47	10,46	-8,78 <sup>a</sup>	2,10	123,10
opt-2.10.25	15,76 <sup>b</sup>	4,09	25,95	-21,47 <sup>ab</sup>	5,90	27,43
F14-2.10.25	9,60 <sup>a</sup>	4,80	50,00	-16,78 <sup>ab</sup>	7,10	42,31

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata secara statistik ( $p < 0,05$ ) berdasarkan uji ANOVA satu arah, dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey.

Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa perbedaan batch formulasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kekuatan tarik maupun elastisitas mi konjak. Hal ini menegaskan bahwa variasi formulasi memberikan dampak signifikan terhadap pembentukan jaringan gel dan sifat mekanik akhir produk.

Batch F3-2.10.25 menunjukkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 24,08 g, yang berbeda nyata dibandingkan batch lainnya. Nilai CV yang relatif rendah (12,00%) menunjukkan struktur gel yang homogen dan stabil. Pada parameter elastisitas, batch ini juga menunjukkan nilai regangan terbesar (-36,08 mm) dan berada pada kelompok statistik yang berbeda, menandakan

kemampuan deformasi yang baik sebelum putus. Kombinasi kekuatan tarik tinggi dan elastisitas besar menunjukkan bahwa batch F3 menghasilkan jaringan gel yang kuat sekaligus fleksibel, yang merupakan karakteristik tekstur ideal pada mi konjak.

Sebaliknya, batch F4-2.10.25 memiliki kekuatan tarik yang relatif stabil, namun menunjukkan elastisitas terendah (-8,78 mm) dengan CV elastisitas yang sangat tinggi (123,10%). Kondisi ini mengindikasikan gel yang cenderung kaku dan kurang fleksibel, sehingga meskipun kuat secara struktural, kualitas kekenyalannya menjadi terbatas.

Batch F5-2.10.25 dan opt-2.10.25 menunjukkan nilai kekuatan tarik dan elastisitas pada kelompok menengah. Kedua

batch ini tidak berbeda nyata dengan sebagian besar formulasi lainnya, namun menunjukkan variabilitas yang lebih tinggi, sebagaimana tercermin dari nilai CV, yang mengindikasikan kestabilan tekstur yang masih perlu dioptimalkan. Batch F2-2.10.25 dan F14-2.10.25 menunjukkan nilai kekuatan

tarik yang lebih rendah dan berada pada kelompok statistik yang sama, menandakan struktur gel yang kurang optimal. Untuk mendukung perbedaan sifat mekanik mi konjak pada Tabel 1, komposisi bahan pembentuk gel pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh perbedaan bahan terhadap tekstur mi konjak

Sampel	A:	B:	C: Sodium	D:	A:	B:	C: Sodium	D:
	Carrageenan (%)	CMC (%)	Alginate (%)	Calcium Lactate (%)	Carrageenan (g)	CMC (g)	Alginate (g)	Calcium Lactate (g)
1	0,50	0,90	0,00	0,00	0,15	0,27	0,00	0,00
2	0,50	0,00	0,90	0,00	0,15	0,00	0,27	0,00
3	0,50	0,00	0,00	0,90	0,15	0,00	0,00	0,27
4	0,50	0,45	0,45	0,00	0,15	0,14	0,135	0,00
5	0,50	0,45	0,00	0,45	0,15	0,14	0,00	0,135
6	0,50	0,00	0,45	0,45	0,15	0,00	0,135	0,135

Berdasarkan tabel tersebut, diketahui seluruh formulasi menggunakan kadar carrageenan yang sama, sehingga variasi tekstur terutama dipengaruhi oleh perbedaan jenis dan kombinasi CMC, sodium alginate, dan calcium lactate. Formulasi dengan kombinasi beberapa bahan pembentuk gel memungkinkan terbentuknya jaringan gel yang lebih kompleks dan stabil dibandingkan

penggunaan satu bahan tambahan saja. Kehadiran sodium alginate dan calcium lactate berperan dalam pembentukan ikatan silang ionik, sedangkan CMC membantu meningkatkan homogenitas matriks gel. Kondisi ini menjelaskan perbedaan kekuatan tarik dan elastisitas antar batch sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan umum antara batch

Batch	Kekuatan tarik (g)	Peringkat kekuatan tarik	Elastisitas (mm)	Peringkat elastisitas
F3-2.10.25	24,08	1	-36,08	1
F5-2.10.25	16,51	2	-18,47	2
opt-2.10.25	15,76	3	-21,47	3
F4-2.10.25	14,06	4	-8,78	5
F2-2.10.25	11,43	5	-20,56	4
F14-2.10.25	9,60	6	-16,78	6

Keterangan: Peringkat disusun berdasarkan nilai rata-rata parameter mekanik, di mana peringkat 1 menunjukkan nilai tertinggi.

Berdasarkan peringkat tersebut, batch F3-2.10.25 secara konsisten menempati posisi tertinggi pada kedua parameter, memperkuat hasil ANOVA bahwa batch ini memiliki kinerja mekanik paling unggul. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas tekstur mi konjak ditentukan oleh keseimbangan antara kekuatan tarik dan elastisitas, bukan oleh

salah satu parameter secara tunggal.

#### **Analisis kekuatan tarik mi konjak (kenyalan / kekuatan struktural)**

Kekuatan tarik mencerminkan kekuatan struktural dan kekenyalan mie konjak, menunjukkan kemampuan matriks gel untuk menahan gaya tarik sebelum putus. Seperti

yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, perbedaan yang signifikan dalam kekuatan tarik diamati di antara batch, menunjukkan pengaruh komposisi formulasi terhadap struktur gel.

Batch F3 menunjukkan kekuatan tarik tertinggi, yang mengindikasikan pembentukan jaringan gel yang terkuat dan paling stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi formulasi pada batch ini mendukung pembentukan jaringan gel yang lebih optimal. Ikatan silang yang cukup dimediasi kalsium meningkatkan ikatan antarmolekul antara rantai glukomanan, menghasilkan struktur gel tiga dimensi yang padat dan mampu menahan deformasi. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  yang tepat secara signifikan meningkatkan kekuatan gel pada produk berbasis konjak (Akesowan, 2015).

Batch F5 dan opt menunjukkan nilai kekuatan tarik sedang, yang menunjukkan bahwa formulasi ini mampu membentuk gel yang cukup kuat tetapi tidak mencapai integritas struktural optimal yang diamati pada F3. Variasi dalam bahan tambahan seperti serat, garam, atau pati sekunder mungkin telah memengaruhi kerapatan kemasan polimer dan distribusi ikatan silang. Meskipun batch ini menunjukkan kekenyalan yang dapat diterima, koefisien variasi yang relatif lebih tinggi menunjukkan bahwa struktur gel kurang seragam, sehingga menyebabkan ketidak konsistenan dalam tekstur. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Mahendra *et al.* (2015), yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi glukomanan porang dan keberadaan ion kalsium pada tingkat optimal dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekompakan struktur gel melalui pembentukan ikatan silang antar rantai polisakarida. Interaksi ini menghasilkan jaringan gel tiga dimensi yang lebih padat dan stabil sehingga mampu menahan gaya tarik yang lebih besar.

Sebaliknya, batch F2 dan 14 menunjukkan nilai kekuatan tarik terendah, yang mengindikasikan struktur gel yang

lemah atau rapuh. Kondisi ini umumnya terkait dengan konsentrasi gum konjak yang tidak mencukupi, ikatan silang kalsium yang tidak memadai, atau kandungan air yang berlebihan, yang semuanya menghambat pembentukan jaringan gel yang padat. Penelitian Sari (2024) telah menunjukkan bahwa kadar glukomanan yang rendah menghasilkan pembentukan gel yang tidak sempurna, menghasilkan mie yang lunak dan mudah patah. Oleh karena itu, batch-batch ini dianggap tidak cocok secara struktural untuk produksi mie konjak berkualitas tinggi. Penelitian lain juga melaporkan bahwa formulasi mie konjak dengan rasio air dan agen pengikat silang yang tidak seimbang menghasilkan struktur gel yang lemah dan mudah patah, yang tercermin dari rendahnya nilai kekuatan tarik.

Secara keseluruhan, analisis kekuatan tarik mengkonfirmasi bahwa kekuatan struktural saja tidak ditentukan oleh satu bahan tunggal, tetapi oleh interaksi antara konsentrasi gum konjak, ketersediaan kalsium, rasio air, dan homogenitas formulasi.

#### **Analisis elastisitas mi konjak (fleksibilitas / perpanjangan sebelum patah)**

Elastisitas menggambarkan kemampuan mie konjak untuk meregang sebelum putus dan mewakili fleksibilitas serta kekenyalan saat dikunyah. Dalam penelitian ini, nilai elastisitas yang lebih negatif menunjukkan ekstensibilitas dan perilaku elastis yang lebih baik.

Konsisten dengan hasil kekuatan tarik, Batch F3 menunjukkan elastisitas tertinggi, yang mengindikasikan bahwa mie mampu meregang secara signifikan sebelum putus. Perilaku ini mencerminkan jaringan gel yang terbentuk dengan baik dan homogen di mana rantai polimer cukup terhubung silang namun tetap mempertahankan mobilitas yang memadai. Keseimbangan seperti itu memungkinkan gel menyerap energi deformasi tanpa pecah, menghasilkan tekstur kenyal dan lentur yang sebanding dengan mie shirataki premium. Elastisitas gel konjak sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara

kepadatan ikatan silang dan ketersediaan air dalam matriks gel. Penelitian Gong *et al.* (2024) menunjukkan bahwa ikatan silang yang berlebihan dapat meningkatkan kekuatan tetapi menurunkan elastisitas, menghasilkan tekstur yang kaku dan rapuh.

Batch F2, F5, dan opt menunjukkan nilai elastisitas sedang. Hasil ini mengindikasikan bahwa gel yang terbentuk masih mampu mengalami deformasi hingga batas tertentu, namun fleksibilitasnya lebih rendah dibandingkan dengan Batch F3. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun proses ikatan silang telah terjadi, distribusi ikatan dalam matriks gel kemungkinan belum sepenuhnya seragam. Ketidakseimbangan distribusi ikatan silang, serta variasi kandungan air atau komposisi penstabil, dapat membatasi mobilitas rantai glukomanan sehingga mengurangi kemampuan gel untuk meregang. Dalam hal ini, keberadaan air yang cukup berperan sebagai plastisizer yang meningkatkan mobilitas rantai polimer dan memungkinkan gel mengalami deformasi sebelum patah (Eslami, Elkoun, Robert, & Adjallé, 2023). Temuan ini menegaskan bahwa elastisitas mi konjak tidak selalu berbanding lurus dengan kekuatan tarik, melainkan sangat dipengaruhi oleh homogenitas dan keteraturan jaringan gel yang terbentuk.

Sebaliknya, Batch F4 dan 14 menunjukkan nilai elastisitas terendah, yang mengindikasikan karakteristik tekstur yang lebih kaku dan rapuh. Pada Batch F4, nilai kekuatan tarik yang relatif baik namun disertai elastisitas yang sangat rendah menunjukkan adanya ikatan silang berlebihan dalam jaringan gel. Konsentrasi kalsium yang terlalu tinggi dapat menghasilkan struktur gel yang sangat kaku, sehingga mampu menahan gaya tarik tetapi memiliki kemampuan deformasi yang terbatas dan mudah retak saat ditarik. Fenomena tekstur “karet-rapuh” serupa juga telah dilaporkan pada gel hidrokoloid yang mengalami pembentukan ikatan silang ion divalen secara berlebihan. Sementara itu, rendahnya elastisitas pada Batch 14 semakin mengindikasikan buruknya homogenitas gel dan tidak cukupan

fleksibilitas struktural. Secara keseluruhan, hasil ini memperkuat bahwa elastisitas tidak berkorelasi langsung dengan kekuatan tarik, melainkan sangat bergantung pada kepadatan ikatan silang yang terkontrol, ketersediaan air sebagai plastisizer, serta pembentukan jaringan gel yang seragam.

### **Perbedaan pola umum antara batch**

Perbedaan pola mekanik yang diamati antarbatch tidak hanya menunjukkan variasi performa tekstural, tetapi juga mencerminkan perbedaan struktur jaringan gel yang terbentuk akibat komposisi formulasi dan interaksi antar komponen. Batch F3 yang menampilkan kombinasi kekuatan tarik tinggi dan elastisitas tinggi kemungkinan menghasilkan jaringan gel yang lebih terhubung secara menyeluruh dan lebih homogen, sehingga mampu menahan deformasi sekaligus meregang secara optimal. Hasil ini konsisten dengan penelitian Sari *et al.* (2024) bahwa pembentukan jaringan gel glukomanan yang baik berkorelasi dengan peningkatan kekuatan dan elastisitas produk berbasis tepung porang, terutama ketika konsentrasi bahan dapat memfasilitasi interaksi ikatan silang yang efektif serta keseimbangan air yang memadai dalam matriks gel.

Sebaliknya, batch F2 dan F14 menunjukkan karakteristik gel yang lebih lemah dan kurang stabil, yang mencerminkan pembentukan jaringan yang kurang optimal. Penelitian Anggraeni (2023) menunjukkan bahwa variasi tingkat penambahan tepung porang pada produk mie dapat secara signifikan memengaruhi sifat mekanik seperti kekompakan dan elastisitas, di mana formulasi yang kurang seimbang cenderung menghasilkan struktur gel yang kurang seragam dan tekstur yang kurang diterima secara sensoris.

Batch F5 dan opt berada pada tingkat menengah kinerja mekanik, menunjukkan formulasi yang cukup baik dalam membentuk gel, namun belum mencapai keseimbangan ideal antara kekuatan tarik dan elastisitas. Hal ini menguatkan konsep bahwa struktur tekstur gel adalah hasil dari interaksi kompleks antara

glukomanan, air, dan faktor pengikat silang, di mana variasi komposisi dapat meningkatkan satu atribut mekanik tetapi sekaligus menurunkan atribut lainnya jika tidak diatur secara optimal (Sun *et al.*, 2023).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas tekstur mie konjak sangat dipengaruhi oleh keseimbangan dan stabilitas kekuatan tarik serta elastisitas, bukan semata-mata oleh nilai mekanik yang tinggi. Batch F3 menunjukkan kinerja paling optimal dengan kombinasi kekuatan tarik dan elastisitas yang tinggi serta variabilitas rendah, yang mencerminkan pembentukan jaringan gel yang homogen dan stabil. Sebaliknya, Batch F2 dan F14 memperlihatkan sifat mekanik yang lemah dan kurang stabil, sedangkan Batch F5 dan opt berada pada tingkat menengah dengan tekstur yang masih dapat diterima namun belum konsisten. Batch F4 memiliki kekuatan tarik relatif tinggi tetapi elastisitas sangat rendah, yang mengindikasikan struktur gel yang kaku akibat ikatan silang berlebihan. Temuan ini menegaskan bahwa keseimbangan formulasi menjadi faktor kunci dalam menghasilkan mie konjak dengan tekstur yang stabil dan dapat diterima konsumen.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Selangor, Malaysia, atas dukungan pendanaan, fasilitas penelitian, serta bimbingan teknis yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

Akesowan, A. (2015). Optimization of textural properties of konjac gels formed with  $\kappa$ -carrageenan or xanthan and xylitol as ingredients in jelly drink processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1735–1743. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12405>

- Anggraeni, D., Prasetyani, L.N., Eko, T., & Mariastuty, P. (2023). Pengaruh penambahan tepung porang terhadap sifat masak dan tekstur mi berbahan dasar tapioka (the effect of porang flour on cooking and texture properties of tapioca-based noodles). *The First National Conference On Innovative Agriculture*, 29–35.
- Cao, G., Chen, X., Wang, N., Tian, J., Song, S., Wu, X., Wang, L.i, & Wen, C. (2024). Effect of konjac glucomannan with different viscosities on the quality of surimi-wheat dough and noodles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 271(1), 132607. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.09.024>
- Cheng, Z., Zhang, B., Qiao, D., & Yan, X.. (2022). Addition of  $\kappa$ -carrageenan increases the strength and chewiness of gelatin-based composite gel. *Food Hydrocolloids*, 128(3), 107565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107565>
- Deng, L., Li, Y., Zhong, G.L., Wen, P., Yongbo., & Zhu, Z. (2023). Effects of starch addition on kgm sol's pasting, rheological properties, and gel texture. *ACS OMEGA: Multidisciplinry Journal from the American Chemical Society*, 8(37), 3399–33309. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02265>
- Dipahayu, D., & Kusumo, G. G. (2020). Optimasi ekstraksi konjac glukomanan dari umbi porang (*amorphophallus muelleri blume*) dengan variasi perbandingan serbuk umbi porang: aquadest (pelarut) dan suhu. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 4, 466–469.
- Eslami, Z., Elkoun, S., Robert, M., & Adjallé, K. (2023). A review of the effect of plasticizers on the physical and mechanical properties of alginate-based films. *Molecules*, 28(18), 6637. <https://doi.org/10.3390/molecules28186637>
- Gong, Y., Xiao, S.i, Yao, Z., Deng, H. Chen, X., & Yang, T. (2024). Factors and modification techniques enhancing

- starch gel structure and their applications in foods: a review. *Food Chemistry*, *X*, *24*, 102045. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102045>
- Jean M.S., Kilian, L.B., Catherine, G., Geneviève, L., Delphine, Q., Bruno, P., & George, S., Patricia, L. (2014). Available water in konjac glucomannan–starch mixtures. influence on the gelatinization, retrogradation and complexation properties of two starches. *Food Hydrocolloids*, *41*, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.014>
- Li, Y., Li, K., Guo, Y., Liu, Y. Z., Guohua, Q., Dongling, J., Fatang., & Zhang, B. (2024). No mechanism for the synergistic gelation of konjac glucomannan and  $\kappa$ -carrageenan. *International Journal of Biological Macromolecules*, *277*(3), 1344423. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134423>
- Lu, C., Yang, Y., Zhao, X., Liu, Z., Liao, X., Zhang, Y., Wu, D., Li, J., & Li, J. (2024). Effect of adding konjac glucomannan on the physicochemical properties of indica rice flour and the quality of its product of instant dry rice noodles. *Foods*, *13*(23), 3749. <https://doi.org/10.3390/foods13233749>
- Mahendra, B. O., Rahayoe, S., & Harmayani, E. (2015). Kinetika perubahan viskositas bubur tepung porang (*amorphophallus oncophyllus*) selama pemanasan pada proses ekstraksi glukomanan. *The Synergy of Agricultural Technology, Needs Adn Environmental Sustainability*, 221.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (Ninth Edit). New York: John Wiley & Sons.
- Sari, D. P., Ngatirah., & Widyasaputra, R. (2024). Karakteristik mi kering glukomanan dengan variasi konsentrasi glukomanan dan jumlah penambahan air kapur sirih. *Agroteknika*, *7*(September), 385–402. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i3.215>
- Sun, Y., Xu, X., Zhang, Q., Zhang, D., Xie, X., Zhou, H., Wu, Z., Liu, R., & Pang, Ji. (2023). Review of konjac glucomannan structure, properties, gelation mechanism, and application in medical biology. *Polymers*, *15*(8), 1852. <https://doi.org/10.3390/polym15081852>
- Takeo, H., Hashimoto, R., Lu, Y., & Hsieh, W. C. (2022). Structural and mechanical properties of konjac glucomannan gels and influence of freezing-thawing treatments on them. *Polymers*, *14*(18), 3707. <https://doi.org/10.3390/polym14183703>
- Wang, S., He, J., Huang, S., & Li, B. (2023). Application of konjac glucomannan with chitosan coating in yellow alkaline noodles. *Foods*, *12*(19), 3569. <https://doi.org/10.3390/foods12193569>
- Zhang, R., He, X., Liu, X., & Sun, Q. (2025). Effects of the interaction between konjac glucomannan and starch on the physicochemical properties, recrystallization characteristics, and digestibility of starch: A review. *Food Hydrocolloids*, *160*(2), 110840. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110840>