



PROFIL KEKUATAN GEL TEPUNG MENIR SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI BERAS ANALOG DENGAN VARIASI WAKTU FERMENTASI DAN PENAMBAHAN *INGREDIEN* YANG BERBEDA

Indah Fitri Haryani^{1*}, Santi Dwi Astuti², Nur Aini³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia
Email: indahfitri.iffh@gmail.com

Abstract

Rice is the primary staple food in Indonesia; therefore, high dependence on rice may pose challenges to national food security. One approach to food diversification is the development of analog rice using broken rice flour. However, broken rice flour has limitations in gel formation, and studies evaluating the effects of fermentation and the addition of glucomannan, skim milk, and glycerol monostearate (GMS) on gel strength in a composite flour system remain limited. This study aimed to evaluate the effects of fermentation time and the addition of supporting ingredients on the gel strength of broken rice flour as a basis for selecting a potential raw material formulation for analog rice. Broken rice flour was fermented for 0, 6, 12, 18, and 24 h. The fermented flour was subsequently evaluated with the addition of glucomannan (0–10%), skim milk (0–20%), and GMS (0–3%). Each treatment was conducted in duplicate. Gel strength was measured using a Universal Testing Machine (UTM), and the data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA). The results showed that none of the treatments had a significant effect on gel strength ($p > 0.05$). However, fermentation for 12 h produced the highest mean gel strength of 9.2553 g/mm². In the formulation stage, the addition of 5% glucomannan, 10% skim milk, and 1% GMS resulted in the highest mean gel strength values of 4.1665, 4.1665, and 4.1493 g/mm², respectively. These findings provide information on the gel-strength response of broken rice flour to fermentation and supporting-ingredient addition in a composite flour system and may serve as a scientific basis for developing analog rice raw material formulations from local resources.

Keywords: Broken Rice Flour, Fermentation, Gel Strength, Glucomannan, GMS, Skim Milk

Abstrak

Beras merupakan pangan pokok utama masyarakat Indonesia sehingga ketergantungan yang tinggi terhadap beras dapat mengancam ketahanan pangan nasional. Salah satu upaya diversifikasi pangan adalah pengembangan beras analog berbasis tepung menir. Namun, tepung menir memiliki keterbatasan dalam pembentukan gel, sedangkan kajian mengenai pengaruh fermentasi dan penambahan glukomanan, susu skim, serta *glycerol monostearate* (GMS) terhadap kekuatan gel dalam sistem tepung komposit masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh waktu fermentasi dan penambahan bahan pendukung terhadap kekuatan gel tepung menir sebagai dasar pemilihan formulasi bahan baku beras analog. Tepung menir difermentasi selama 0, 6, 12, 18, dan 24 jam. Selanjutnya, tepung hasil fermentasi digunakan untuk mengevaluasi penambahan glukomanan (0–10%), susu skim (0–20%), dan GMS (0–3%). Setiap perlakuan dilakukan dalam dua ulangan. Kekuatan gel diukur menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan data dianalisis

menggunakan *one-way analysis of variance* (ANOVA). Hasil menunjukkan bahwa seluruh perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel ($p>0,05$). Namun, fermentasi selama 12 jam menghasilkan nilai rata-rata kekuatan gel tertinggi, yaitu 9,2553 g/mm². Pada tahap formulasi, penambahan glukomanan 5%, susu skim 10%, dan GMS 1% menghasilkan nilai rata-rata kekuatan gel tertinggi, masing-masing sebesar 4,1665; 4,1665; dan 4,1493 g/mm². Hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai respons kekuatan gel tepung menir terhadap fermentasi dan penambahan bahan pendukung dalam sistem tepung komposit, serta dapat menjadi dasar ilmiah untuk pengembangan formulasi bahan baku beras analog berbasis sumber daya lokal.

Kata kunci: Fermentasi, Glukomanan, GMS, Kekuatan Gel, Susu Skim, Tepung Menir

1. Pendahuluan

Beras merupakan pangan pokok utama masyarakat Indonesia yang menjadi sumber karbohidrat bagi sebagian besar penduduk. Tingginya konsumsi beras menyebabkan ketergantungan terhadap satu komoditas pangan sehingga berpotensi memengaruhi ketahanan pangan nasional apabila terjadi fluktuasi produksi maupun distribusi (Noviasari *et al.*, 2017; Qomariyati *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal menjadi salah satu strategi untuk mendukung ketahanan pangan yang berkelanjutan, salah satunya melalui pengembangan beras analog.

Keberhasilan produksi beras analog sangat dipengaruhi oleh karakteristik fungsional bahan baku, terutama kemampuan membentuk gel yang berperan dalam proses ekstrusi, pembentukan tekstur, dan stabilitas produk. Salah satu bahan yang berpotensi dimanfaatkan adalah tepung menir, yaitu hasil samping penggilingan beras yang memiliki kandungan pati tinggi namun masih bernilai ekonomi rendah (Irwan *et al.*, 2025). Pemanfaatan tepung menir dapat meningkatkan nilai tambah hasil samping penggilingan sekaligus mendukung diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa fermentasi mampu memperbaiki sifat fisikokimia dan karakteristik fungsional bahan berpati melalui modifikasi struktur pati (Ulyarti *et al.*, 2022; Winarti *et al.*, 2023). Selain itu, glukomanan, susu skim, dan gliserol monostearat (GMS) diketahui dapat meningkatkan karakteristik gel melalui mekanisme yang berbeda, seperti peningkatan kemampuan mengikat air, pembentukan jaringan protein, dan pembentukan kompleks pati-lipid (Sun *et al.*, 2023; Pamela *et al.*, 2022; Hosiana *et al.*, 2023). Namun, penelitian terdahulu umumnya hanya mengkaji pengaruh fermentasi atau penambahan bahan tersebut secara terpisah serta lebih berfokus pada sifat fisikokimia bahan, sehingga informasi mengenai kombinasi perlakuan tersebut terhadap kekuatan gel tepung menir sebagai bahan baku beras analog masih terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, research gap penelitian ini terletak pada belum adanya kajian yang mengevaluasi kombinasi fermentasi tepung menir dengan penambahan glukomanan, susu skim, dan GMS terhadap kekuatan gel sebagai parameter utama dalam formulasi bahan baku beras analog. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh perlakuan tersebut secara bertahap untuk memperoleh informasi mengenai formulasi potensial yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan beras analog berbasis tepung menir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu fermentasi serta

penambahan glukomanan, susu skim, dan GMS terhadap kekuatan gel tepung menir dan tepung komposit sebagai bahan baku beras analog.

2. Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Peralatan utama meliputi cabinet dryer, disk mill, ayakan 80 mesh, dan *Universal Testing Machine* (UTM), serta peralatan pendukung untuk fermentasi, pembuatan gel, dan pengujian. Bahan baku pembuatan tepung menir adalah beras menir, starter fermentasi Bimo CF, dan air. Sedangkan bahan baku lain yang digunakan dalam pembuatan tepung komposit untuk pembuatan beras analog menir adalah glukomanan, susu skim, dan GMS.

Metode

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan satu faktor yang dilakukan secara bertahap (*sequential experiment*). Tahap pertama bertujuan menentukan waktu fermentasi tepung menir yang menghasilkan kekuatan gel terbaik. Tepung menir dengan waktu fermentasi terbaik tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pada tiga percobaan yang dilakukan secara terpisah, yaitu pengujian pengaruh proporsi glukomanan, proporsi susu skim, dan gliserol monostearat (GMS) terhadap kekuatan gel tepung komposit.

Penelitian difokuskan pada evaluasi kekuatan gel sebagai parameter utama karena parameter ini mencerminkan kemampuan tepung membentuk struktur gel yang stabil, yang merupakan salah satu karakteristik penting sebagai bahan baku pembuatan beras analog.

Pada tahap pertama, faktor yang diuji adalah waktu fermentasi (0, 6, 12, 18, dan 24 jam). Pada tahap kedua, pengujian dilakukan secara terpisah untuk setiap bahan tambahan, yaitu glukomanan (0, 5, dan 10%), susu skim (0, 5, 10, 15, dan 20%), serta GMS (0, 1, 2, dan 3%). Kisaran konsentrasi tersebut ditetapkan berdasarkan penelitian Astuti *et al.*, (2025) mengenai formulasi tepung komposit dan pengembangan beras analog serta mempertimbangkan fungsi masing-masing bahan dalam pembentukan struktur gel.

Seluruh perlakuan menggunakan tepung menir dari batch yang sama dan dilakukan pada kondisi proses yang seragam. Setiap perlakuan dilakukan dalam dua ulangan independen, kemudian data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versi 25. Karena setiap tahapan penelitian hanya melibatkan satu faktor perlakuan, analisis dilakukan menggunakan *One-way Analysis of Variance* (One-way ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, analisis dilanjutkan menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

Tahapan Penelitian

- a. Pembuatan Tepung Menir, beras menir dibersihkan dari kotoran, dicuci, kemudian direndam dalam larutan starter fermentasi Bimo CF sebanyak 0,2% selama 0, 6, 12, 18, dan 24 jam. Setelah fermentasi, beras ditiriskan dan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60°C selama 6–8 jam. Beras kering kemudian digiling menggunakan *disk mill* dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh hingga diperoleh tepung menir.

Selanjutnya, tepung menir dari setiap waktu fermentasi dianalisis kekuatan gelnya menggunakan UTM untuk menentukan waktu fermentasi yang menghasilkan kekuatan gel terbaik. Tepung menir dengan waktu fermentasi terbaik kemudian digunakan sebagai

bahan baku pada seluruh pengujian pada tahap kedua.

- b. Pembuatan Tepung Komposit, tepung komposit dibuat menggunakan tepung menir hasil fermentasi terbaik dari tahap pertama. Pengujian dilakukan secara terpisah untuk setiap bahan tambahan. Pada pengujian glukomanan, konsentrasi glukomanan divariasikan menjadi 0%, 5%, dan 10%, sedangkan komponen lainnya dibuat tetap. Pada pengujian susu skim, konsentrasi susu skim divariasikan menjadi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, sedangkan komponen lainnya dipertahankan tetap. Demikian pula pada pengujian GMS, konsentrasi GMS divariasikan menjadi 0%, 1%, 2%, dan 3%, sedangkan komponen lainnya dibuat konstan. Komposisi setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Prosedur Analisis

Kekuatan gel dianalisis menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Sebelum pengujian, gel dibuat dengan melarutkan 15 g tepung ke dalam 100 mL akuades, kemudian dipanaskan pada suhu 85°C selama 15 menit hingga terbentuk pasta. Pasta panas selanjutnya dimasukkan ke dalam silinder plastik (diameter bagian dalam ± 4 cm dan tinggi 3 cm), ditutup menggunakan plastik, kemudian disimpan pada suhu 10°C selama 48 jam hingga terbentuk gel. Gel yang telah terbentuk kemudian diuji menggunakan UTM untuk memperoleh nilai kekuatan gel.

Tabel 1. Komposisi bahan-bahan yang ditambahkan pada tepung komposit untuk pembuatan beras analog menir

	Prosentase	Glukomanan	Susu Skim	Tepung Menir	GMS	Minyak
Glukomanan	0%	0	10	90	0	0
	5%	5	10	85	0	0
	10%	10	10	80	0	0
Susu Skim	0%	5	0	95	0	0
	5%	5	5	90	0	0
	10%	5	10	85	0	0
	15%	5	15	80	0	0
	20%	5	20	75	0	0
GMS	0%	5	10	85	0	1
	1%	5	10	85	1	1
	2%	5	10	85	2	1
	3%	5	10	85	3	1

Keterangan: GMS ditambahkan berdasarkan persentase terhadap total tepung komposit dan tidak menggantikan proporsi tepung menir.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor yang menentukan perubahan sifat fisikokimia bahan berpati karena memengaruhi aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Perbedaan lama fermentasi dapat menyebabkan perubahan karakteristik fungsional bahan, sehingga berpotensi memengaruhi kekuatan gel yang dihasilkan (Ulyarti *et al.*, 2022).

Tabel 2. Kekuatan gel pada beberapa waktu fermentasi

No.	Waktu Fermentasi	Kekuatan gel (g/mm ²)
1.	0 Jam (Tanpa Perendaman)	9,0245a
2.	6 Jam	7,6782a
3.	12 Jam	9,2553a
4.	18 Jam	8,6370a

No.	Waktu Fermentasi	Kekuatan gel (g/mm ²)
5.	24 Jam	8,3766a

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung menir ($p > 0,05$). Nilai kekuatan gel berkisar antara 7,6782–9,2553 g/mm², dengan nilai tertinggi pada fermentasi 12 jam. Oleh karena itu, fermentasi 12 jam dipilih untuk tahap penelitian selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata tertinggi, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik. Fermentasi 12 jam dipilih sebagai perlakuan yang digunakan pada tahap penelitian selanjutnya karena memiliki nilai rata-rata kekuatan gel tertinggi. Pemilihan ini dilakukan sebagai tahap seleksi (*screening*) bahan baku, bukan sebagai penetapan perlakuan yang berbeda nyata secara statistik.

Penurunan kekuatan gel pada fermentasi 6 jam diduga berkaitan dengan hidrolisis awal pati dan protein menghasilkan rantai molekul yang lebih pendek sehingga kemampuan pembentukan jaringan gel berkurang. Hidrolisis parsial tersebut menyebabkan sebagian rantai amilosa dan amilopektin mulai terdegradasi menjadi molekul dengan ukuran lebih pendek, sehingga kemampuan molekul pati untuk membentuk jaringan tiga dimensi melalui ikatan hidrogen menjadi berkurang. Akibatnya, kekuatan gel yang terbentuk cenderung menurun.

Peningkatan kekuatan gel pada fermentasi 12 jam diduga terjadi karena modifikasi pati belum berlangsung berlebihan sehingga sebagian molekul amilosa masih mampu berasosiasi kembali dan membentuk jaringan gel yang relatif kompak Ulyarti *et al.*, (2022). Perpanjangan fermentasi hingga 18 dan 24 jam menunjukkan kecenderungan penurunan kekuatan gel yang diduga disebabkan oleh hidrolisis pati lebih lanjut. Degradasi amilosa dan amilopektin dapat mengurangi kemampuan molekul untuk berasosiasi kembali sehingga jaringan gel menjadi kurang kompak (Tian *et al.*, 2023; Ulyarti *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini berbeda dengan beberapa penelitian yang melaporkan peningkatan kekuatan gel setelah fermentasi. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis bahan baku, karakteristik pati, jenis starter fermentasi, serta kondisi fermentasi yang digunakan. Pada penelitian ini, bahan baku berupa tepung menir memiliki karakteristik pati yang berbeda sehingga respons terhadap proses fermentasi tidak sepenuhnya sama dengan bahan berpati lainnya.

Secara keseluruhan, lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung menir ($p > 0,05$). Namun, fermentasi selama 12 jam menghasilkan nilai rata-rata tertinggi sehingga dipilih sebagai bahan baku pada tahap optimasi formulasi tepung komposit. Hasil ini menunjukkan bahwa fermentasi selama 0–24 jam lebih berperan dalam memodifikasi struktur pati daripada meningkatkan kekuatan gel secara langsung.

Pengaruh Penambahan Glukomanan

Glukomanan banyak dimanfaatkan untuk memperbaiki karakteristik tekstur berbagai produk pangan. Penambahan glukomanan pada bahan berpati dapat meningkatkan interaksi antarmolekul dan memperkuat pembentukan matriks gel, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan (Aryawan & Fitriana, 2022).

Tabel 3. Kekuatan gel tepung komposit dengan variasi glukomanan

No.	Glukomanan	Kekuatan gel (g/mm ²)
-----	------------	-----------------------------------

1.	0%	4,0346a
2.	5%	4,1665a
3.	10%	4,0577a

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa penambahan glukomanan tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung komposit ($p>0,05$). Nilai kekuatan gel berkisar antara 4,0346–4,1665 g/mm², dengan nilai tertinggi pada penambahan glukomanan 5%. Seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama berdasarkan uji lanjut DMRT, sehingga perbedaan nilai kekuatan gel antarperlakuan tidak signifikan secara statistik. Meskipun demikian, konsentrasi tersebut dipilih untuk tahap penelitian selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata tertinggi, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik.

Tidak adanya pengaruh nyata menunjukkan bahwa penambahan glukomanan hingga 10% belum mampu memberikan kontribusi dominan terhadap pembentukan jaringan gel. Hal ini diduga karena kekuatan gel juga dipengaruhi oleh interaksi antara pati, protein susu skim, dan komponen lain dalam formulasi. Meskipun tidak berbeda nyata, glukomanan 5% menunjukkan kecenderungan menghasilkan kekuatan gel tertinggi. Pada konsentrasi tersebut, glukomanan diduga mampu mengikat air dan berinteraksi dengan pati secara lebih optimal sehingga mendukung pembentukan matriks gel yang lebih kompak (Utomo *et al.*, 2025).

Sebaliknya, peningkatan konsentrasi glukomanan hingga 10% cenderung menurunkan kekuatan gel. Kemampuan glukomanan mengikat air yang tinggi diduga mengganggu distribusi air dan interaksi antargranula pati selama gelatinisasi sehingga jaringan gel menjadi lebih lunak (Aryawan & Fitriana, 2022).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi glukomanan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan gel. Abdullah *et al.*, 2024 melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi glukomanan dalam formulasi gel asam askorbat meningkatkan viskositas dan daya lekat, namun menyebabkan penurunan daya sebar akibat struktur gel yang semakin lunak dan elastis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh glukomanan terhadap sifat fisik gel sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan dan karakteristik matriks pangan.

Secara keseluruhan, penambahan glukomanan hingga 10% tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel ($p>0,05$). Namun, konsentrasi 5% menghasilkan nilai rata-rata tertinggi dan dipilih sebagai formulasi pada tahap berikutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi glukomanan tidak selalu menghasilkan peningkatan kekuatan gel.

Pengaruh Penambahan Susu Skim

Penambahan susu skim pada sistem berbasis pati bertujuan untuk memperbaiki karakteristik tekstur dan sifat fungsional produk. Selama proses pemanasan, protein whey mengalami denaturasi dan berinteraksi dengan kasein sehingga membentuk struktur gel yang lebih kompak dan meningkatkan karakteristik tekstur produk (Yang *et al.*, 2021).

Tabel 4. Kekuatan gel tepung komposit dengan variasi susu skim

No.	Susu Skim	Kekuatan gel (g/mm ²)
1.	0%	4,1365a
2.	5%	3,9824a

No.	Susu Skim	Kekuatan gel (g/mm ²)
3.	10%	4,1665a
4.	15%	4,0487a
5.	20%	4,1093a

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa penambahan susu skim tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung komposit ($p > 0,05$). Nilai kekuatan gel berkisar antara 3,9824–4,1665 g/mm², dengan nilai tertinggi pada penambahan susu skim 10%. Seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama berdasarkan uji lanjut DMRT, sehingga perbedaan nilai kekuatan gel antar perlakuan tidak signifikan secara statistik. Konsentrasi tersebut dipilih untuk tahap penelitian selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata tertinggi, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik.

Tidak adanya pengaruh yang nyata menunjukkan bahwa penambahan susu skim hingga konsentrasi 20% belum memberikan perubahan yang signifikan terhadap kekuatan gel tepung komposit. Hal ini diduga karena protein susu belum menjadi komponen dominan dalam pembentukan jaringan gel pada sistem tepung komposit yang sebagian besar tersusun atas pati tepung menir. Meskipun protein susu mampu membentuk agregat selama pemanasan, pembentukan jaringan gel tetap lebih banyak ditentukan oleh proses gelatinisasi pati dan interaksinya dengan komponen lain, seperti glukomanan dan GMS. Oleh karena itu, penambahan susu skim hingga 20% belum mampu memberikan kontribusi yang cukup besar untuk menghasilkan peningkatan kekuatan gel yang signifikan secara statistik.

Interaksi antara pati dan protein diketahui dapat memengaruhi proses gelatinisasi, pembentukan gel, dan karakteristik reologi bahan berpati. Selama proses pemanasan, protein whey mengalami denaturasi sehingga gugus-gugus reaktifnya terbuka dan dapat berinteraksi dengan molekul kasein maupun pati melalui ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik. Namun, efektivitas interaksi tersebut dipengaruhi oleh jenis protein, konsentrasi protein, kadar air, suhu pemanasan, serta komposisi sistem pangan yang digunakan (Terán & Blanco-Lizarazo, 2021). Pada formulasi tepung komposit penelitian ini, keberadaan pati sebagai komponen utama diduga menyebabkan kontribusi protein susu terhadap pembentukan jaringan gel menjadi kurang dominan sehingga peningkatan kekuatan gel tidak berbeda nyata antarperlakuan.

Penambahan susu skim 10% menunjukkan kecenderungan menghasilkan kekuatan gel tertinggi. Pada konsentrasi tersebut, protein diduga dapat berinteraksi dengan pati tanpa mengganggu proses gelatinisasi sehingga mendukung pembentukan struktur gel yang lebih kompak.

Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh protein susu terhadap karakteristik gel bergantung pada konsentrasi, kondisi pemanasan, serta interaksinya dengan pati dan komponen lain dalam formulasi (Yang *et al.*, 2021; Terán & Blanco-Lizarazo 2021). Namun, beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan susu skim mampu meningkatkan kekuatan gel pada sistem pangan tertentu. Perbedaan hasil tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan komposisi bahan baku, rasio pati-protein, kadar air, serta kondisi pemanasan yang digunakan. Pada penelitian ini, tepung komposit tersusun atas tepung menir fermentasi, glukomanan, dan GMS sehingga interaksi antar komponen menjadi lebih kompleks dibandingkan sistem yang hanya terdiri atas pati dan protein.

Pada konsentrasi 15–20%, peningkatan jumlah protein diduga meningkatkan kompetisi dengan pati dalam mengikat air sehingga proses gelatinisasi menjadi kurang optimal dan kekuatan gel tidak meningkat. Secara keseluruhan, penambahan susu skim hingga 20% tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel ($p>0,05$). Namun, konsentrasi 10% menghasilkan nilai rata-rata tertinggi dan dipilih sebagai formulasi pada tahap berikutnya. Pemilihan tersebut didasarkan pada kecenderungan nilai rata-rata, bukan karena menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik (Astuti *et al.*, 2023). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas susu skim dalam meningkatkan kekuatan gel tidak hanya ditentukan oleh jumlah protein yang ditambahkan, tetapi juga oleh interaksinya dengan pati dan komponen lain dalam tepung komposit. Dengan demikian, peningkatan konsentrasi susu skim tidak selalu menghasilkan peningkatan kekuatan gel.

Pengaruh Penambahan GMS

Gliserol monostearat (GMS) merupakan emulsifier yang banyak digunakan dalam produk berbasis pati karena mampu berinteraksi dengan amilosa membentuk kompleks pati–lipid yang dapat memengaruhi proses gelatinisasi, sifat reologi, dan karakteristik gel. Penambahan GMS dalam formulasi pangan berpotensi meningkatkan stabilitas struktur gel, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada konsentrasi yang digunakan dan karakteristik bahan penyusun (Yang *et al.*, 2026).

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa penambahan GMS tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung komposit ($p>0,05$). Nilai kekuatan gel berkisar antara 3,9568–4,1493 g/mm², dengan nilai tertinggi pada penambahan GMS 1%. Konsentrasi tersebut dipilih untuk tahap penelitian selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata tertinggi, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik.

Tabel 5. Kekuatan gel tepung komposit dengan variasi GMS

No.	GMS	Kekuatan gel (g/mm ²)
1.	0%	4,0130a
2.	1%	4,1493a
3.	2%	4,1196a
4.	3%	3,9568a

Tidak adanya pengaruh yang nyata menunjukkan bahwa penambahan GMS hingga konsentrasi 3% belum memberikan perubahan yang signifikan terhadap kekuatan gel tepung komposit. Hal ini diduga karena jumlah GMS yang ditambahkan belum mampu memberikan perubahan yang cukup besar terhadap struktur gel pada sistem tepung komposit. Meskipun GMS dapat membentuk kompleks dengan amilosa, pembentukan jaringan gel pada formulasi ini juga dipengaruhi oleh keberadaan glukomanan, protein susu skim, dan pati tepung menir, sehingga kontribusi GMS terhadap kekuatan gel menjadi kurang dominan. GMS diketahui membentuk kompleks dengan amilosa sehingga memengaruhi proses gelatinisasi dan karakteristik gel pati (Li *et al.*, 2021).

Meskipun demikian, penambahan GMS sebesar 1% menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai kekuatan gel yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Pada konsentrasi tersebut, pembentukan kompleks amilosa–GMS diduga membantu mempertahankan stabilitas struktur gel tanpa menghambat pengembangan granula pati secara berlebihan (Yang *et al.*, 2026).

Namun, peningkatan konsentrasi GMS hingga 2% dan 3% tidak diikuti oleh peningkatan kekuatan gel. Kondisi ini diduga disebabkan oleh terbentuknya kompleks amilosa–GMS yang semakin banyak sehingga sebagian molekul amilosa menjadi kurang tersedia untuk membentuk jaringan gel. Selain itu, kelebihan GMS dapat menghambat pengembangan granula pati selama gelatinisasi sehingga struktur gel yang terbentuk menjadi kurang kompak. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi GMS tidak selalu menghasilkan peningkatan kekuatan gel.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Li *et al.*, (2021) yang melaporkan bahwa GMS membentuk kompleks dengan amilosa sehingga memengaruhi karakteristik gelatinisasi dan sifat reologi pati. Namun, beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan GMS pada konsentrasi tertentu mampu meningkatkan kekuatan gel secara signifikan. Perbedaan hasil tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis pati, kadar amilosa, komposisi formulasi, serta keberadaan bahan tambahan lain yang dapat memengaruhi interaksi amilosa–lipid. Pada penelitian ini, sistem tepung komposit terdiri atas tepung menir fermentasi, glukomanan, dan susu skim sehingga interaksi antar komponen menjadi lebih kompleks dibandingkan sistem pati tunggal.

Secara keseluruhan, penambahan GMS hingga 3% tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel ($p > 0,05$). Namun, GMS 1% menghasilkan nilai rata-rata tertinggi dan dipilih sebagai formulasi pada tahap berikutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi GMS tidak selalu meningkatkan kekuatan gel. Berbeda dengan sebagian besar penelitian sebelumnya yang mengevaluasi GMS pada sistem pati tunggal, penelitian ini mengkaji pengaruh GMS pada sistem tepung komposit berbasis tepung menir fermentasi yang mengandung glukomanan dan susu skim, sehingga memberikan informasi mengenai interaksi GMS dalam sistem formulasi yang lebih kompleks sebagai bahan baku beras analog.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi waktu fermentasi tepung menir serta penambahan glukomanan, susu skim, dan gliserol monostearat (GMS) tidak memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik ($p > 0,05$) terhadap kekuatan gel. Meskipun demikian, fermentasi selama 12 jam serta penambahan glukomanan 5%, susu skim 10%, dan GMS 1% menunjukkan nilai rata-rata kekuatan gel tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai formulasi yang berpotensi untuk penelitian lanjutan.

Penelitian ini memberikan informasi mengenai karakteristik kekuatan gel tepung menir yang dimodifikasi melalui fermentasi dan penambahan bahan pendukung sebagai dasar pengembangan formulasi beras analog berbasis sumber daya lokal. Hasil penelitian ini juga berpotensi menjadi acuan awal dalam pengembangan bahan baku beras analog untuk mendukung diversifikasi pangan. Penelitian ini masih terbatas pada pengujian parameter kekuatan gel pada skala laboratorium. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi parameter mutu lainnya, menguji formulasi menggunakan rancangan faktorial, serta mengkaji performa produk pada proses ekstrusi dan skala yang lebih besar.

5. Referensi

- Abdullah, S. S., Antasionasti, I., Rundengan, G., Tasiyam, E., Putri, R., & Abdullah, I. (2024). Pengaruh Konsentrasi Glukomanan Terhadap Sifat Fisik Sediaan Gel Asam Askorbat. *Pharmacy Medical Journal*, 2(2), 135–140.
- Aryawan, C. W., & Fitriana, I. (2022). Penambahan Tepung Glukomanan Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Pada Cincau Hijau (*Cyclea barbata* L. Miers) Terhadap Tekstur, Sineresis, dan Kadar Air. *Indonesian Journal of Food Technology Volume*, 1(2), 73–86.
- Astuti, S. D., Ayuningtyas, L. P., Dewi, E. M., & Novitasari, D. (2025). Characterization of the Physical, Chemical, and Sensory Properties of Mocaf and Menir Analog Rice with the Addition of Skim Milk and Konjac Glucomannan. *Indonesian Journal of Food Technology*, 4(2), 183–200.
- Astuti, S. D., Ayuningtyas, L. P., & Haryani, I. F. (2023). Optimization of Formula and Physicochemical Characterization of Noodles Based on Modified Cassava Flour with Addition of Soybean Flour and Skim. *Indonesian Journal of Food Technology*, 2(2), 202–220.
- Hosiana, A. M., Pinatih, G. N. I., & Laksemi, D. A. A. S. (2023). Beneficial health effects of porang (*Amorphophallus muelleri*): A review. *Indonesia Journal of Biomedical Science (IJBS)*, 17(1), 235–238. <https://doi.org/10.15562/ijbs.v17i1.484>
- Irwan, Djalil, S. H., Setiawan, E., Putri, A. R., & Prabowo, H. E. (2025). Potensi Menir sebagai Alternatif Sumber Bahan Baku pada Pengembangan Produk Makanan Berbasis Tepung Beras: Systematic Review. *Journal of Vocational Innovation Achievement and Education*, 1(1), 19–24.
- Li, L., Liu, Z., Zhang, W., Xue, B., & Luo, Z. (2021). Production and Applications of Amylose-Lipid Complexes as Resistant Starch: Recent Approaches. *Starch - Stärke*, 73(5–6). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.202000249>
- Noviasari, S., Kusnandar, F., Setiyono, A., & Budijanto, S. (2017). Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensori Beras Analog Berbasis Bahan Pangan Non Beras. *PANGAN*, 26(1), 1–11.
- Pamela, V. Y., Riyanto, R. A., Kusumasari, S., Meindrawan, B., Diwan, A. M., & Istihamsyah, I. (2022). Karakteristik Sifat Organoleptik Yoghurt Dengan Variasi Susu Skim Dan Lama Inkubasi. *Nutriology: Jurnal Pangan, Gizi, Kesehatan*, 03(01), 18–24.
- Qomariyati, S. N., Gusriarti, & Gusvita, H. (2022). Analisis Konsumsi Beras di Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Research Ilmu Pertanian*, 2(1), 37–45.
- Sun, Y., Xu, X., Zhang, Q., Zhang, D., Xie, X., Zhou, H., Wu, Z., Liu, R., & Pang, J. (2023). Review of Konjac Glucomannan Structure, Properties, Gelation Mechanism, and Application in Medical Biology. *Polymers*, 15(1852), 1–21.
- Terán, A. M., & Blanco-Lizarazo, C. M. (2021). Considerations for Functional Food Design based on Starch-Protein Interactions: A Systematic Review. *Int J Food Sci Nutr*, 72(8), 1009–1018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09637486.2021.1905784>
- Tian, J., Qin, L., Zeng, X., Ge, P., Fan, J., & Zhu, Y. (2023). The Role of Amylose in Gel Forming of Rice Flour. *Foods*, 12(1210), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12061210>
- Ulyarti, Surhaini, Wahyuni, Y. S., & Nazarudin. (2022). Physicochemical and Functional Properties of Yam (*Dioscorea* spp.) Flour Modified Using Sauerkraut Juice. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 73–88.
- Utomo, N. P. P., Scholichah, E., & Budiati, T. (2025). Pengujian Mutu Produk Glukomanan Glucomannan Product Quality Testing. *JOFE: Journal of Food Engineering*, 4(4), 237–246. <https://doi.org/10.25047/jofe.v4i4.6105>
- Winarti, S., Rosida, D. F., & Febriana, M. R. (2023). Karakteristik Fisiko-Kimia Tepung Jagung Termodifikasi Secara Fermentasi Menggunakan *Lactobacillus plantarum* Physico-chemical Characteristics of Modified Corn Flour by Fentation using *Lactobacillus plantarum* FNCC-0027. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 6(2), 216–229. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v6.vi2i.14389>
- Yang, L., Li, Z., Gu, X., Chi, F., & College, Y. Z. (2021). Synergistic Effect of Heating pH and Transglutaminase on the Gelation Kinetics and Texture of Yak Skim Milk Gels. *Hindawi Journal of Food Quality*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2021/6676518>
- Yang, Y., Liu, G., Wu, J., Xu, H., Zhang, Z., Gu, Z., Song, T., Qi, X., & Zhu, Y. (2026). Effect of Glyceryl monostearate and Glyceryl monooleate on Gelatinization, Aging, and Rheological Properties of Japonica Rice Starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.70537>