

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK MI KERING
GLUTEN FREE DARI TEPUNG *MOCAF* DAN TEPUNG SUKUN
DENGAN PENAMBAHAN ISOLAT PROTEIN KEDELAI**

SKRIPSI

**Oleh
SHELDA ARINA ASFARI**



**PROG STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK MI KERING
GLUTEN FREE DARI TEPUNG *MOCAF* DAN TEPUNG SUKUN
DENGAN PENAMBAHAN ISOLAT PROTEIN KEDELAI**

Oleh

SHELDA ARINA ASFARI

NIM : 23020122140125

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pangan pada Program Studi S-1 Teknologi Pangan
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shelda Arina Asfari
NIM : 23020122140125
Program Studi : S-1 Teknologi Pangan

dengan ini menyatakan sebagai berikut:

1. Skripsi yang berjudul: **Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Mi Kering *Gluten Free*** dari Tepung *Mocaf* dan Tepung Sukun dengan **Penambahan Isolat Protein Kedelai** dan penelitian yang terkait adalah hasil karya saya sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam karya ilmiah ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengaku bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh pembimbing saya, yaitu **Dr. Sri Mulyani, S.Pt., M.P** dan **Lutfi Purwitasari, S.T.P., M.Sc.**

Apabila dikemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Semarang, 19 Juli 2026

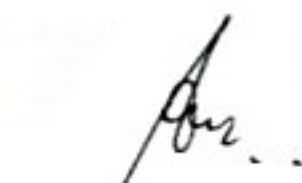
Penulis,



(Shelda Arina Asfari)

Mengetahui

Dosen Pembimbing Utama


Dr. Sri Mulyani, S.Pt., M.P.

NIP. 19750311 200212 2 001

Dosen Pembimbing Anggota



Lutfi Purwitasari, S.T.P., M.Sc.

NIP. 19971028 202406 2 001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN
ORGANOLEPTIK MI KERING *GLUTEN FREE*
DARI TEPUNG *MOCAF* DAN TEPUNG SUKUN
DENGAN PENAMBAHAN ISOLAT PROTEIN
KEDELAI

Nama Mahasiswa : SHELDA ARINA ASFARI

Nomor Induk Mahasiswa : 23020122140125

Program Studi/Departemen : S-1 TEKNOLOGI PANGAN/PERTANIAN

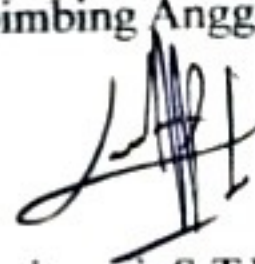
Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji dan dinyatakan lulus pada
tanggal...1...0...AUG 2026

Pembimbing Utama


Dr. Sri Mulyani, S.Pt., M.P.

Pembimbing Anggota


Lutfi Purwitasari, S.T.P., M.Sc.

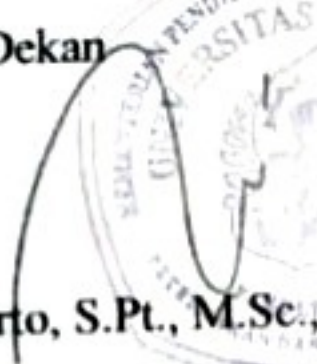
Ketua Program Studi Teknologi Pangan


Ahmad N. Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

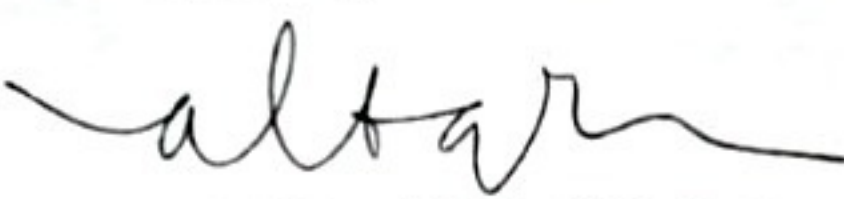
Ketua Panitia Ujian Akhir Program


Swastika Dewi, S.T.P., M.Sc

Dekan


Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.

Ketua Departemen Pertanian


Ahmad N. Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

RINGKASAN

SHELDA ARINA ASFARI. 23020122140125. 2026. Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Mi Kering *Gluten Free* dari Tepung *Mocaf* dan Tepung Sukun dengan Penambahan Isolat Protein Kedelai. (Pembimbing : **SRI MULYANI** dan **LUTFI PURWITASARI**).

Meningkatnya ketergantungan terhadap tepung terigu sebagai bahan baku mi kering dan risiko gluten pada gandum yang mampu memicu *celiac disease*, mendorong adanya pengembangan mi kering *gluten free* berbahan tepung *mocaf* dan tepung sukun. Kombinasi kedua tepung non-gluten tersebut diharapkan mampu menghasilkan tekstur mi yang lebih baik, sementara penambahan isolat protein kedelai dilakukan untuk memperkuat struktur mi akibat ketiadaan gluten. Penelitian ini bertujuan untuk pengaruh proporsi tepung *mocaf* dan tepung sukun dalam formulasi tepung komposit dengan penambahan 10% isolat protein kedelai terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik mi kering *gluten free*, serta menentukan perlakuan terbaik.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-April 2026 di Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro serta Laboratorium Sensoris, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Semarang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan untuk formulasi tepung *mocaf*:tepung sukun:isolat protein kedelai yaitu P0 (0%), P1 (80%:10%:10%), P2 (70%:20%:10%), P3 (60%:30%:10%), P4 (50%:40%:10%). Data hasil uji kadar air, daya rehidrasi, daya putus (*tensile strength*), akan dianalisis menggunakan (ANOVA) dengan taraf signifikansi ($P < 0,05$) dan dilanjutkan dengan (DMRT). Hasil uji organoleptik akan dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dengan taraf signifikansi 5%, apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*. Analisis data dilakukan menggunakan aplikasi SPSS for windows 26.0.

Hasil penelitian dari kadar air sebesar 5,56 – 8,29%; daya rehidrasi 111,21 – 143,25%; dan daya putus 0,008-0,012 Mpa. Perbandingan tepung *mocaf* dan tepung sukun dengan penambahan isolat protein kedelai memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air dan daya rehidrasi mi kering *gluten free*, namun tidak memberikan pengaruh nyata ($P \geq 0,05$) terhadap daya putus (*tensile strength*). Diketahui peningkatan formulasi tepung sukun cenderung meningkatkan kadar air dan daya rehidrasi namun menurunkan nilai daya putus (*tensile strength*). Formulasi terbaik diperoleh pada perlakuan 80% tepung *mocaf* dan 10% tepung sukun serta penambahan 10% ISP karena menghasilkan karakteristik fisikokimia mi kering yang paling baik berdasarkan parameter yang diuji.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Mie Kering *Gluten Free* dari Tepung *Mocaf* dan tepung Sukun dengan Penambahan Isolat Protein Kedelai” dengan baik. Selama proses penelitian dan menyusun skripsi, penulis banyak menerima bantuan, dukungan, semangat, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, di kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Budi Sukwanto, B.Sc. dan Ibu Lilik Kurniawati, S.H. serta keluarga besar penulis yang senantiasa selalu memberikan doa, bimbingan, dan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi. Terima kasih sudah berjuang untuk senantiasa memberikan kehidupan yang layak dan mendidik penulis hingga sampai di posisi ini. Segala hal yang diraih penulis saat ini tidak luput dari doa dan amalan yang tidak pernah putus dipanjatkan oleh kedua orang tua penulis.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengikuti perkuliahan dan melaksanakan penelitian hingga penulisan skripsi.
3. Bapak Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi.
5. Ibu drh. Siti Susanti, Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi, dukungan, arahan, dan saran selama perkuliahan, penelitian skripsi, hingga penyusunan laporan skripsi.

6. Ibu drh. Siti Susanti, Ph.D. selaku koordinator laboratorium Kimia dan Gizi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian yang telah memberikan bantuan pada pelaksanaan penelitian di laboratorium.
7. Ibu Dr. Sri Mulyani, S.Pt., M.P. selaku dosen pembimbing utama skripsi yang senantiasa memberi dukungan, bimbingan, arahan, dan saran selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
8. Ibu Lutfi Purwitasari, S.T.P., M.Sc. selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan motivasi, bimbingan, arahan, dan saran selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
9. Mas Indarto dan Mbak Nadya selaku Teknisi Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan, staff administrasi Prodi S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi.
10. Seluruh dosen dan staf akademik Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, khususnya Prog Studi S-1 Teknologi Pangan atas ilmu, bimbingan, dan pengalaman yang telah diberikan dari awal perkuliahan hingga proses pembuatan skripsi.
11. Keluarga besar Teknologi Pangan angkatan 2022 atas pengalaman baik suka maupun duka yang telah dilewati bersama selama menempuh pendidikan S-1 Teknologi Pangan di Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.
12. Saudari Rr. Safarina Axelia Wirananda, S.Psi, Pasha Pangestika Cahyani, S.Tr.Kes, Irmadella Yuni Ardisa, S.Tr.T, Azzahra Choirunnisa, A.Md.T, selaku sahabat penulis sejak menempuh Sekolah Menengah Akhir hingga saat ini. Terima kasih atas segala nasihat, arahan, dan bantuan dengan tulus selama proses akademik maupun dalam kehidupan pribadi penulis.
13. Saudari Devina Pradisha, selaku sahabat perkuliahan saya sejak semester 3 hingga saat ini yang senantiasa hadir dan menjadi bagian dari proses pendewasaan penulis. Terima kasih telah menjadi sosok yang selalu mengulurkan tangan kepada penulis di saat tidak ada tempat untuk bersandar, memberi dukungan nyata dalam kondisi suka maupun duka selama

penyusunan dan terselesaikannya skripsi ini. Persahabatan ini menjadi bukti bahwa terlepas dari jarak yang cukup jauh, namun bentuk dukungan nyata itu tetap dapat dirasakan oleh penulis.

14. Shelda Arina Asfari, selaku diri penulis terimakasih atas perjuangan dan tanggung jawab selaku anak tunggal perempuan dalam menyelesaikan apa yang telah dimulai ini. Proses yang dijalani memang tidak selalu mudah, namun dengan keberanian, keyakinan, kemandirian, dan doa membuat penulis mampu bertahan hingga kini. Sebagai anak tunggal perempuan, penulis belajar untuk menghadapi tantangan dengan penuh kemandirian dan terus berusaha menemukan jalan menuju kesuksesan secara mandiri untuk terus berkembang. Setiap proses yang telah dilalui menjadi pengalaman berharga untuk membentuk pribadi penulis yang lebih kuat dan dewasa.

Penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan skripsi ini. Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak.

Semarang, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ILUSTRASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Mi Kering	4
2.2. Tepung Terigu	6
2.3. Tepung <i>Mocaf (Modified Cassava Flour)</i>	9
2.4. Tepung Sukun.....	11
2.5. Isolat Protein Kedelai	14
2.6. Tepung Tapioka	16
2.7. CMC (<i>Carboxymethyl Cellulose</i>).....	17
2.8. Kadar Air	18
2.9. Daya Rehidrasi	19
2.10. Daya Putus (<i>Tensile Strength</i>)	21
2.11. Uji Organoleptik.....	21
BAB III MATERI DAN METODE	23

3.1. Materi penelitian	23
3.2. Metode Penelitian.....	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Kadar Air	32
4.2. Daya Rehidrasi	35
4.3. Daya Putus	40
4.4. Uji Organoleptik.....	45
4.5. Penentuan Perlakuan Terbaik	56
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Simpulan	58
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	69
RIWAYAT HIDUP	101

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Syarat Mutu Mi Kering SNI 8217:2015.....	6
2. Karakteristik Kimia Tepung Terigu.....	8
3. Karakteristik Kimia Tepung <i>Mocaf</i>	11
4. Karakteristik Kimia Tepung Sukun.....	14
5. Desain Percobaan Mi Kering <i>Gluten Free</i>	24
6. Formulasi Mi Kering.....	26
7. Atribut Skoring Organoleptik	26
8. Hasil Kadar Air Mi Kering <i>Gluten Free</i>	32
9. Hasil Daya Rehidrasi Mi Kering <i>Gluten Free</i>	36
10. Hasil Daya Putus Mi Kering <i>Gluten Free</i>	40
11. Organoleptik Warna Mi Kering <i>Gluten Free</i>	45
12. Organoleptik Tekstur Mi Kering <i>Gluten Free</i>	48
13. Organoleptik Permukaan Mi Kering <i>Gluten Free</i>	52
14. Organoleptik Overall Mi Kering <i>Gluten Free</i>	54
15. Data Analisis Perlakuan Terbaik	56

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
-------	---------

- | | |
|--|---------------|
| 1. Diagram Alir Mi Kering <i>Gluten Free</i> | Error! |
|--|---------------|

Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Formulir Pengujian Organoleptik	69
2. Data Hasil Organoleptik.....	70
3. Data Pengujian Kadar Air	74
4. Data Pengujian Daya Rehidrasi	75
5. Data Pengujian Daya Putus	76
6. Rumus Perhitungan Parameter Penelitian	77
7. Output SPSS Uji <i>One-Way</i> ANOVA dan DMRT Kadar Air	82
8. Output SPSS Uji <i>One-Way</i> ANOVA dan DMRT Daya Rehidrasi.	83
9. Output SPSS Uji <i>One-Way</i> ANOVA dan DMRT Daya Putus	84
10. Output SPSS Uji <i>Kruskall-Wallis</i> Organoleptik.....	85
11. Output SPSS Uji <i>Mann-Whitney</i> Organoleptik.....	86
12. Hasil <i>Tensile Strength</i> Mi Kering <i>Gluten Free</i>	90
13. Dokumentasi Penelitian	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Celiac disease yaitu gangguan sistem imun berupa peradangan usus halus bagi individu yang intoleransi terhadap gluten (Nurkitawangi dan Ismawati, 2025). Prevalensi *celiac disease* di negara Asia Pasifik tercatat sebesar 0,05%-1,22% dalam skala umur dewasa (Ashtari *et al.*, 2019). Penelitian terbaru di Indonesia melaporkan prevalensi *celiac disease* yaitu 2,83% pada kelompok pasien berisiko dengan gangguan gastrointestinal fungsional di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta (Syam *et al.*, 2024). Intervensi yang dapat dilakukan oleh penderita *celiac disease* adalah diet bebas gluten. Selain itu, ketergantungan industri pangan terhadap tepung terigu meningkatkan kebutuhan impor gandum di Indonesia yang diperkirakan naik 17,7% menjadi 12,3 juta metrik ton pada periode 2025/2026 (Meylinah, 2026). Kondisi ini memperkuat urgensi pengembangan produk berbasis tepung lokal non-gluten untuk mengurangi ketergantungan terhadap gandum impor.

Mi tergolong dalam salah satu produk pangan berbasis karbohidrat yang cukup populer dikonsumsi masyarakat Indonesia setelah nasi. Mi kering dipilih sebagai basis pengembangan produk karena merupakan hasil olahan berbahan dasar tepung terigu, air, dan telur yang memiliki masa simpan relatif lama karena melalui proses pengeringan untuk menghilangkan sebagian kadar airnya (Canti *et al.*,

2020). Salah satu pendekatan pengembangan mi *gluten free* adalah melalui pendekatan *multi-flour* seperti tepung *mocaf* dan tepung sukun. Tepung *mocaf* diperoleh dari hasil fermentasi singkong oleh bakteri *Lactobacillus plantarum* (Asmoro, 2021). Tepung *mocaf* mengandung amilopektin sebesar 81% yang berperan dalam meningkatkan viskositas sehingga mampu membentuk adonan yang lebih kohesif pada produk *gluten free*. Selain itu, pemanfaatan tepung sukun dengan ketersediaannya yang melimpah diketahui masih kurang dimanfaatkan dalam bahan baku mi. Tepung sukun mengandung kadar pati sebesar 82,22%, kadar serat pangan 8,3% dan serat kasar 10,17% yang berpotensi dalam pembentukan struktur adonan mi yang padat. Kombinasi antara tepung *mocaf* dengan tepung sukun dinilai mampu menghasilkan karakteristik tekstur mi yang baik dengan proporsi tepung yang tepat.

Penelitian tentang penggunaan tepung komposit *mocaf*, sukun, dan terigu telah dilakukan oleh Novitasari (2023) dengan formulasi terbaik yaitu 35% tepung *mocaf*, 25% tepung sukun, dan 40% tepung terigu menghasilkan kadar air 7,82% dan kadar protein 11,96%, namun pembentukan struktur dan tekstur mi masih dipengaruhi oleh gluten, serta pengujian karakteristik fisik seperti daya rehidrasi dan daya putus sebagai indikator mutu mi yang masih terbatas. Kendala dalam pengembangan mi *gluten free* adalah tidak adanya gluten sebagai pembentuk jaringan viskoelastis sehingga menghasilkan tekstur mi yang kurang kenyal dan mudah patah, demikian diperlukan penambahan isolat protein kedelai kedelai yang mengandung >90% protein sebagai bahan pengikat (*binding agent*) dan mampu meningkatkan kohesivitas adonan pada produk pangan (Nafi *et al.*, 2022).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Taqi *et al.* (2018) diketahui bahwa penggunaan *soy isolate protein* (SPI) sebagai *rheological modifier* dapat mempengaruhi sifat reologi mi jagung terutama dalam meningkatkan kekerasan dan elongasi. Selain itu efektivitas ISP dalam produk mi *gluten free* telah dibuktikan oleh (F. F. Utami *et al.*, 2022) menghasilkan formulasi terbaik dengan kadar protein tertinggi sebesar 12,89% serta mampu memperbaiki profil fisikokimia mi. Sehubungan dengan hal tersebut, dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbandingan tepung *mocaf* dan tepung sukun dengan penambahan isolat protein kedelai pada produk mi kering *gluten free* terhadap kadar air, daya rehidrasi, daya putus, dan organoleptik.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh proporsi tepung *mocaf* dan tepung sukun dalam formulasi tepung komposit dengan penambahan 10% isolat protein kedelai terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik mi kering *gluten free*, serta menentukan perlakuan terbaik. Sementara itu, manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh proporsi tepung *mocaf* dan tepung sukun dalam formulasi tepung komposit dengan penambahan 10% isolat protein kedelai terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik mi kering *gluten free*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi dalam pengembangan produk mi kering *gluten free* berbasis bahan pangan lokal sebagai alternatif pengganti mi gluten.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mi Kering

Mi kering adalah olahan berbahan dasar tepung yang dikeringkan hingga kadar airnya <10% sehingga menjadi sumber karbohidrat yang awet dan tidak mudah busuk (Yolanda *et al.*, 2018). Proses pengeringan mi bertujuan untuk menurunkan kadar air dalam adonan sehingga mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti kapang dan jamur serta memperpanjang masa simpan mi. Berdasarkan proses pengolahannya, produk mi dibedakan menjadi mi basah dan mi kering. Perbedaan mendasar antara kedua jenis mi tersebut terletak pada kadar air dan tahapan pengolahannya. Mi kering memiliki kadar air yang paling rendah dibandingkan mi basah, sehingga masa simpannya relatif lebih lama. Menurut Harly *et al.* (2025) tahapan pembuatan mi kering diantaranya yaitu pencampuran dan pengadukan bahan, pengukusan, pembuatan lembaran mi, pemotongan, dan pengeringan. Dalam proses pengolahan mi kering dapat ditambahkan bahan tambahan lain seperti garam, pewarna makanan, bahan pengental, dan penyedap rasa.

Meningkatnya konsumsi mi di Indonesia yang diikuti oleh tingginya impor tepung terigu dan kesadaran masyarakat akan pola hidup sehat mendorong adanya pengembangan produk mi berbasis tepung lokal, salah satunya mi *gluten free*. Menurut Nadiyah *et al.* (2024) mi bebas gluten adalah mi yang diolah dengan

tepung tanpa kandungan gluten untuk memenuhi permintaan pasar akan makanan berlabel bebas gluten. Pengembangan mi *gluten free* juga ditujukan sebagai alternatif pangan bagi individu dengan intoleransi gluten sekaligus mendukung prog diversifikasi pangan berbasis tepung lokal. Namun, tidak adanya gluten pada bahan baku mi menyebabkan adonan tidak mampu membentuk jaringan viskoelastis sebagaimana halnya pada mi dari tepung terigu, sehingga tekstur mi cenderung rapuh dan mudah putus. Pembentukan elastisitas pada adonan mie yang menggunakan tepung terigu dengan kandungan gluten yang tinggi seperti halnya pada tepung terigu protein tinggi memiliki kemampuan yang baik dalam memerangkap dan mengikat gas, sehingga pembentukan elastisitas lebih optimal (Purwanti *et al.*, 2017). Oleh karena itu, pengolahan mi berbasis tepung non gluten memerlukan tambahan bahan pengempal dan tahapan pengolahan yang sedikit berbeda dari mi berbasis tepung gluten.

Konsep pengolahan mi kering berbasis tepung non gluten tidak dapat menghasilkan massa dan tekstur adonan yang kohesif sehingga adonan tidak dapat langsung dicetak seperti untaian mi, oleh karena itu diperlukan proses pengukusan selama 5-10 menit hingga terbentuknya gelatinisasi pati agar adonan mi menjadi elastis. Suspensi antara tepung dan air akan mengalami gelatinisasi pati karena ganula pati pada tepung akan mengembang di saat molekul air berpenetrasi masuk ke dalam ganula pati dan terperangkap pada susunan fraksi amilosa dan amilopektin, sehingga pengembangan ganula pati tepung akan berpengaruh terhadap massa dan tekstur adonan ketika diuleni (Fitriyani, 2017). Menurut Putra Jatmiko *et al.* (2014) umumnya kualitas mie yang baik menghasilkan tekstur

kenyal, elastis, permukaan yang homogen, dan tidak lengket. Karakteristik mi kering yang baik tidak hanya ditentukan berdasarkan karakteristik fisik seperti warna, tekstur, dan elastisitas, namun dapat dikaitkan dengan analisis proksimat, daya rehidrasi, *cooking loss*, daya putus, dan penerimaan sensoris. Adanya parameter tersebut menjadi indikator pengujian kualitas mi kering. Syarat mutu mi kering menurut SNI 8217:2015 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Mi Kering SNI 8217:2015

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan		
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Warna	-	Normal
Tekstur	-	Normal
Kadar air	%	Maks 13
Kadar protein	%	Min 10
Bilangan asam	Mg KOH/g	-
Kadar abu	%	Maks 0,1
Cemaran logam		
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 1,0
Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks 0,2
Timah (Sn)	mg/kg	Maks 40,0
Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 0,05
Cemaran arsen (As)	mg/kg	Maks 0,5
Cemaran mikroba		
Angka lempeng total	koloni/g	Maks 1×10^6
<i>Escherichia coli</i>	APM/g	Maks 10
<i>Staphylococcus aureus</i>	koloni/g	Maks 1×10^3
<i>Bacillus cereus</i>	koloni/g	Maks 1×10^3
Kapang	koloni/g	Maks 1×10^4

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, (2015).

2.2. Tepung Terigu

Tepung terigu merupakan hasil penggilingan gandum yang memisahkan antara biji gandum dari *barn* dan *germ* untuk ditumbuk menjadi tepung (Yuwono

dan Waziroh, 2019). Proses pembuatan tepung terigu terdiri dari pembersihan biji gandum, pemisahan biji gandum dari dedak, dan penggilingan. Tepung terigu memiliki karakteristik fisik seperti warna putih cerah hingga putih kekuningan, tekstur halus, aroma netral dari gandum. Anggaeni dan Ariestika (2019) mengatakan bahwa hasil penggilingan gandum pada tepung terigu tidak selalu menghasilkan warna tepung berwarna putih melainkan cenderung kekuningan, untuk meningkatkan kualitas fungsional tepung seperti kecerahan warna dan kekuatan adonan maka dilakukan pengeraman selama 4-6 minggu pada tepung terigu yang nantinya akan mengoksidasi pigmen karotenoid dan meningkatkan sifat lekal hingga diperoleh tepung terigu berwarna putih dan daya kembang yang baik.

Menurut Raihan dan Makkiyah (2024) kandungan yang mendominasi dari tepung terigu adalah karbohidrat kompleks dan protein gluten. Gluten didefinisikan sebagai protein kompleks yang tersusun atas fraksi gliadin dan glutenin (Husain *et al.*, 2025). Fraksi glutenin berfungsi dalam pembentukan struktur adonan yang kuat dan kokoh. Fraksi gliadin berfungsi dalam pembentukan sifat elastis sehingga adonan menjadi lebih kenyal dan lentur (Fitriana *et al.*, 2015). Berdasarkan kadar proteinnya tepung terigu terbagi menjadi tepung terigu protein tinggi dengan kadar 12-14% yang difokuskan untuk pembuatan mi, tepung terigu protein sedang dengan kadar 10-12% yang difokuskan untuk pembuatan brownies, dan tepung terigu protein rendah dengan kadar 8-10% yang difokuskan untuk pembuatan biskuit. Di antara jenis tepung terigu tersebut, penggunaan tepung terigu protein tinggi paling umum diaplikasikan dalam pembuatan mi kering karena mampu menghasilkan adonan yang elastis dan kokoh. Oleh karena itu, hingga saat ini penggunaan tepung

terigu protein tinggi masih menjadi bahan baku utama dalam industri mi dan dijadikan acuan dalam pengembangan mi.

Dalam pengolahan mi, penggunaan tepung terigu protein tinggi lebih berperan optimal dalam pembentukan karakteristik adonan mi. Hal ini disebabkan oleh keberadaan gluten yang tinggi mampu terbentuk ketika protein gliadin dan glutenin saling berinteraksi dengan air selama pencampuran adonan sehingga adonan mi menjadi elastis, kenyal, dan tidak mudah putus selama proses pencetakan dan pemasakan (Husain *et al.*, 2025). Jaringan gluten yang terbentuk saat pencampuran tepung dengan air akan berperan dalam mempertahankan struktur adonan selama proses pembentukan lembaran dan pengeringan mi sehingga menghasilkan karakteristik fisik yang lebih baik. Mi berbasis tepung terigu yang memiliki kadar pati dengan viskositas tinggi mampu mempercepat proses retrogradasi sehingga tekstur mi yang dihasilkan lebih kohesif, hal ini dikarenakan pada permukaan mi telah terbentuk lapisan pati yang telah mengalami retrogradasi pati (Sari dan Siqhny, 2022). Berbeda halnya pada mi dari tepung non terigu yang tidak terbentuk jaringan gluten, sehingga karakteristik tekstur dan elastisitas mi cenderung lebih rendah. Oleh karena itu, pengembangan mi *gluten free* memerlukan penggunaan bahan baku, formulasi, dan tahapan pengolahan yang tepat agar mampu menghasilkan karakteristik mi yang mendekati mi berbasis tepung terigu. Karakteristik kimia tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Kimia Tepung Terigu

Komposisi	Kandungan Gizi (%b/b)
Kadar air ^{a)}	11,92
Kadar protein ^{a)}	8,51
Kadar abu ^{a)}	0,39

Komposisi	Kandungan Gizi (%b/b)
Kadar lemak ^{a)}	3,36
Kadar kabohidrat ^{a)}	73,48
Kadar serat kasar ^{a)}	4,15
Kadar amilosa ^{b)}	28
Kadar amilopektin ^{b)}	72

Sumber: ^{a)}(Diasaputri *et al.*, 2023); ^{b)}(Pradipta dan Putri, 2015)

2.3. Tepung Mocaf (*Modified Cassava Flour*)

Assalam *et al.* (2019) menyatakan bahwa *mocaf* atau *Modified Cassava Flour* merupakan hasil modifikasi singkong yang difermentasi sehingga memiliki karakteristik fisik dan fungsional yang berbeda dengan tepung singkong. Proses fermentasi pada tepung *mocaf* melibatkan dua fase yang berbeda yaitu penggunaan starter bakteri asam laktat dan penggunaan fermentasi spontan. Penggunaan starter bakteri asam laktat ditambahkan secara langsung pada irisan singkong kemudian difermentasi selama 48 jam dan spesies bakteri asam laktat (BAL) yang digunakan yaitu *L. plantarum* dikarenakan adanya amilolitik yang menghasilkan enzim amilase untuk memodifikasi komponen amilosa pada *mocaf* (Asmoro, 2021). Pemilihan mikroba *Lactobacillus plantarum* lebih umum digunakan dalam proses fermentasi karena kemampuannya dalam menghasilkan enzim protease yang mampu meningkatkan kadar protein saat proses fermentasi tepung *mocaf*. Sedangkan fermentasi spontan dapat dilakukan dengan perendaman singkong dalam larutan garam selama 3 hari, namun dengan waktu yang dibutuhkan masih dinilai kurang efisien.

Mekanisme fermentasi pada pengolahan *mocaf* diakibatkan oleh perkembangbiakan mikroorganisme selama fase fermentasi akan memproduksi

enzim pektinolitik dan selulolitik dan nantinya akan berperan dalam merombak struktur dinding sel umbi singkong, sehingga ganula pati dapat terlepas dan mikroba juga menghasilkan enzim yang mampu menghidrolisis pati ke gula untuk diubah menjadi asam organik ataupun asam laktat (Amri dan Pratiwi, 2014). Proses fermentasi ini berlangsung dengan rentang waktu 24-72 jam dan nantinya akan mengubah sifat tepung seperti meningkatkan viskositas, kemampuan membentuk gel, daya rehidrasi, dan kemudahan larut. Proses pengolahan tepung *mocaf* diawali dengan persiapan bahan baku singkong, pencucian, pemotongan singkong menjadi bentuk *chips*, fermentasi dengan BAL, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan (Yani dan Akbar, 2018). Adanya proses perendaman dan fermentasi dapat meluruhkan pigmen warna sehingga menghasilkan karakteristik warna tepung *mocaf* menjadi lebih putih (Ningum dan Saidi, 2023).

Tepung *mocaf* memiliki karakteristik yang serupa dengan tepung terigu dalam segi warna dan tekstur, sehingga umum digunakan sebagai bahan baku maupun bahan substitusi pada produk pangan. Tepung *mocaf* mengandung kadar pati yang tinggi dengan komponen penyusunnya yaitu amilosa dan amilopektin, hal tersebut menjadikan tepung *mocaf* memiliki sifat gelatinisasi yang baik sehingga berpotensi sebagai bahan baku produk mi (Musthofa *et al.*, 2023). Kandungan amilopektin yang mendominasi tepung *mocaf* berperan dalam meningkatkan kemampuan mengikat air, pembentukan gel, dan viskositas adonan. Kandungan serat yang tinggi pada tepung *mocaf* terdapat enzim probiotik yang cocok untuk perkembangbiakan mikroba baik di dalam usus sehingga cocok dikonsumsi bagi penderita diabetes (Marjan, 2021).

Potensi tepung *mocaf* sebagai bahan baku pembuatan mi telah banyak dilakukan di berbagai penelitian. Tepung *mocaf* dapat digunakan sebagai bahan substitusi tepung terigu karena dinilai memiliki karakteristik yang menyerupai tepung terigu dan kemampuan gelatinisasi yang baik. Namun, penggunaan tepung *mocaf* dalam persentase yang terlalu tinggi cenderung menurunkan elastisitas dan tekstur mi. Lala *et al.* (2013) melaporkan bahwa substitusi tepung *mocaf* sebesar 25% pada produk mi instan menghasilkan karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik terbaik. Sementara itu, Afriliyanti *et al.*, (2023) memperoleh perlakuan terbaik pada mi basah dengan persentase tepung *mocaf* sebesar 10%. Secara umum, karakteristik fungsional tepung *mocaf* dipengaruhi oleh komposisi karbohidrat seperti amilosa, amilopektin, protein, dan serat yang berperan dalam pembentukan tekstur sera fisik mi. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik kimia pada tepung *mocaf* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Kimia Tepung *Mocaf*

Komposisi	Kandungan Gizi (%b/b)
Kadar air ^{b)}	6,9
Kadar protein ^{a)}	1,2
Kadar karbohidrat ^{a)}	87,3
Kadar serat ^{a)}	3,4
Kadar amilosa ^{b)}	19
Kadar amilopektin ^{b)}	81

Sumber:^{a)}(Dwipayanti *et al.*, 2023); ^{b)}(Musthofa *et al.*, 2023)

2.4. Tepung Sukun

Tepung sukun diperoleh dari buah sukun yang telah dipanen maksimal 7 hari setelah memasuki tingkat kematangan optimum yang diproses dengan cara

dikeringkan untuk mengurangi kadar air didalamnya dan diubah menjadi produk tepung (Abdullah *et al.*, 2023). Tepung sukun memiliki cita rasa dan aroma yang dominan akan buah sukun, serta tekstur tepung yang sedikit kasar seperti berserat halus dikarenakan terdapat bulir-bulir yang tersisa dari penggilingan buah sukun. Saepudin *et al.* (2017) menyatakan bahwa tepung sukun memiliki tekstur yang lebih kering saat disentuh akibat proses pengeringan sehingga mampu menaikkan daya serap air. Buah sukun termasuk dalam kategori buah klimaterik yang dimana memiliki masa simpan yang singkat setelah proses pemanenan, hal ini dikarenakan kadar air yang cukup tinggi berkisar 62,85% sehingga mempercepat proses pembusukan. Kandungan enzim polifenol dapat memicu reaksi browning pada buah sukun saat terpapar oksigen, sehingga tepung sukun yang dihasilkan cenderung berwarna lebih gelap dibandingkan dengan tepung terigu (Aprilia *et al.*, 2021). Kendala dalam pengolahan tepung sukun adalah munculnya reaksi *browning* akibat enzim polifenol yang terkandung dalam buah sukun apabila terpapar udara langsung, reaksi yang ditimbulkan berupa perubahan warna menjadi kecoklatan sehingga tepung yang dihasilkan nantinya tidak berwarna putih cerah (Fitriansyah *et al.*, 2022).

Tepung sukun unggul dalam kandungan pati sebesar 82,22% yang terbagi atas fraksi amilopektin dan amilosa berperan dalam pembentukan struktur produk pangan berbasis pati (Singarsari Diasaputri *et al.*, 2023). Selain itu tingginya kadar serat pangan sebesar 8,3% dan serat kasar sebesar 10,17% berpotensi meningkatkan matriks adonan melalui interaksi dengan komponen pati sehingga menghasilkan adonan yang lebih kompak. Dalam pengolahan mi, tepung sukun seringkali

digunakan sebagai bahan substitusi tepung terigu maupun bahan penyusun formulasi tepung komposit dikarenakan tingginya kadar pati dapat menyokong proses gelatinisasi pati dan meningkatkan rehidrasi mi, serta kadar serat yang mampu membentuk adonan menjadi lebih padat dan kokoh. Penggunaan tepung sukun dalam persentase yang tinggi akan menghasilkan karakteristik warna mi menjadi sangat cokelat akibat reaksi *browning* enzimatis antara enzim polifenol oksidase yang terpapar dengan oksigen di udara (Biyumna *et al.*, 2017).

Potensi tepung sukun sebagai bahan baku mi telah dibuktikan pada beberapa penelitian. Penggunaan tepung sukun sebagai bahan substitusi tepung terigu mampu meningkatkan pemanfaatan pangan lokal dan meningkatkan kadar serat pada produk mi, namun penggunaan tepung sukun dengan persentase yang terlalu tinggi cenderung menurunkan mutu tekstur dan penerimaan sensoris akibat tidak adanya gluten dan tekstur tepung yang terlalu berserat. Nurcahyo *et al.* (2014) melaporkan bahwa penggunaan tepung sukun sebesar 20% menghasilkan karakteristik mi kering dan tingkat penerimaan panelis terbaik. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Biyumna *et al.* (2017) yang memperoleh formulasi terbaik pada mi kering dengan persentase 90% tepung terigu, 10% tepung sukun, dan 15% telur menghasilkan kadar air 9,55%, daya rehidrasi 151,36%, *cooking loss* 7,115 serta tingkat kesukaan panelis yang tergolong disukai. Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan potensi tepung sukun sebagai bahan substitusi tepung terigu pada produk mi, namun pemanfaatan tepung sukun dalam formulasi mi *gluten free* yang dikombinasikan dengan tepung *mocaf* dan isolat protein kedelai masih terbatas. Karakteristik kimia tepung sukun dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Kimia Tepung Sukun

Komposisi	Kandungan Gizi (%b/b)
Kadar air ^{d)}	9,04
Kadar abu ^{d)}	4,54
Kadar pati ^{d)}	82,22
Kadar protein ^{d)}	0,85
Kadar kalsium ^{b)}	61,62
Kadar serat pangan ^{c)}	8,3
Kadar serat kasar ^{d)}	10,17
Kadar amilosa ^{a)}	22,52
Kadar amilopektin ^{a)}	77,48

Sumber:^{a)}(Aprilia *et al.*, 2021) ^{b)}(Rezeki *et al.*, 2025) ^{c)}(Santosa *et al.*, 2018) ^{d)}(Singarsari Diasaputri *et al.*, 2023)

2.5. Isolat Protein Kedelai

Suseno *et al.* (2016) menyatakan bahwa isolat protein kedelai adalah hasil isolasi protein dari kacang kedelai dengan kadar protein nabati murni yang tinggi sebesar 90% dan umumnya sering diaplikasikan pada tambahan olahan pangan sebagai bahan pengikat. Kandungan protein yang terkandung dalam isolat protein kedelai sebesar 90,21%. Sebagaimana dijelaskan oleh Chen *et al.* (2018) isolat protein kedelai bersifat amfipatik yaitu memiliki gugus asam amino hidrofilik dan hidrofobik dalam satu molekul yang sama di mana gugus hidrofilik cenderung berada di permukaan luar molekul sehingga mampu berikatan dengan air, selain itu pada isolat protein kedelai memiliki kemampuan *foaming*, emulsifikasi, pembentuk *film* sehingga berperan dalam memperbaiki tekstur produk pangan. Penambahan isolat protein kedelai yang berperan sebagai bahan pengikat dalam pengolahan mi *gluten free* akan membentuk jaringan antara protein dan pati untuk memerangkap pati yang telah tergelatinisasi sehingga dapat menurunkan padatan selama pemasakan mi (Gopalakrishnan *et al.*, 2011; *et al.*, 2018). Kemampuan tersebut

menjadikan isolat protein kedelai banyak digunakan dalam produk berbasis pati untuk memperbaiki tekstur dan stabilitas adonan. Isolat protein kedelai memiliki karakteristik warna yang agak mengkilat, *flavour* yang ringan dan nilai viskositas yang rendah. Namun penggunaan isolat protein kedelai yang memiliki kadar protein tinggi tidak mampu menggantikan fungsi gluten secara optimal dikarenakan protein pada kedelai tidak tersusun atas gliadin dan glutenin yang mampu membentuk jaringan viskoelastis. Oleh karena itu, penambahan isolat protein kedelai lebih berperan dalam meningkatkan kohesivitas dan memperbaiki sifat fungsional mi melalui interaksi pati, bukan membentuk jaringan elastis seperti halnya tepung terigu.

Penggunaan isolat protein kedelai sebagai bahan penyusun formulasi mi telah dilakukan di berbagai penelitian. Utami *et al.* (2022) melaporkan bahwa penambahan isolat protein kedelai pada mi *gluten free* berbahan tepung pisang dan singkong menghasilkan formulasi terbaik dibandingkan penambahan protein pada putih telur yang ditinjau dari kadar protein, daya serap air, dan karakteristik sensoris. Penelitian lain oleh Sukanto *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penggunaan isolat protein kedelai pada mi instan berbahan tepung komposit jagung dan tapioka mampu meningkatkan kadar protein hingga 34,44%, meningkatkan daya serap air, dan menghasilkan mutu sensoris yang cukup disukai panelis. Penambahan isolat protein kedelai pada pengaplikasian mi dari tepung non gluten dinilai mampu memperbaiki karakteristik fisik mi *gluten free*. Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, isolat protein kedelai berpotensi sebagai bahan penyusun formulasi mi karena mampu memperbaiki karakteristik fisik dan sensoris produk

melalui pembentukan matriks pati. Pada penelitian ini dilakukan penambahan isolat protein kedelai dengan konsentrasi tetap sebanyak 10%, karena berfungsi sebagai bahan pendukung dalam pembentukan struktur adonan mi *gluten free*. Dengan mempertahankan konsentrasi isolat protein kedelai yang tetap di semua perlakuan, maka perubahan karakteristik fisikokimia dan organoleptik yang diperoleh dapat dikaitkan secara objektif dengan perubahan persentase tepung *mocaf* dan tepung sukun tanpa melibatkan variasi isolat protein kedelai.

2.6. Tepung Tapioka

Tepung tapioka merupakan hasil ekstraksi pati dari ubi kayu dalam bentuk granula (Herlambang *et al.*, 2019). Proses pengolahan tepung tapioka terdiri atas pembersihan, pengupasan kulit dan pemisahan daging singkong, pamarutan, penyaringan ampas dengan penambahan air, pengendapan, pembersihan pati dalam tangki, pemisahan endapan dengan sentrifugasi, pengeringan, dan penggilingan menjadi tepung (Bukhori *et al.*, 2019). Umumnya tepung tapioka digunakan sebagai bahan pengental, pengisi, dan pengikat dalam beberapa produk pangan karena kandungan pati terutama gugus amilosa dan amilopektin yang berperan optimal dalam pembentukan gel melalui proses gelatinisasi. Karakteristik fungsional tepung tapioka berkaitan dengan kandungan amilopektin dan amilosa yang mempengaruhi proses gelatinisasi dan pembentukan gel. Proses gelatinisasi menyebabkan granula pati mudah menyerap air dan meningkatkan pengembangan matriks adonan.

Peranan tepung tapioka dalam olahan mi mempengaruhi tingkat regangan mi, dikarenakan kandungan pati yaitu gugus amilopektin yang tinggi pada tapioka turut

berkontribusi terhadap pembentukan viskositas dan sifat lengket pada adonan mi. Menurut Utami et al. (2023) menyatakan bahwa tepung tapioka mengandung 17% gugus amilosa dan 83% gugus amilopektin. Pengaplikasian tepung tapioka dalam campuran mie kering dari tepung terigu yang dilakukan oleh Kurniasari et al. (2015) membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan proporsi tepung tapioka dalam mie cenderung menaikkan kadar air dan kekuatan tarik (*tensile strength*) mie.

2.7. CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)

CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) adalah hasil turunan selulosa dengan gugus karboksimetil yang umumnya ditambahkan dalam bahan pangan sebagai pemberi bentuk, zat pengental, stabilisator, pembentuk gel, dan pengemulsi (Wulandari *et al.*, 2023). CMC juga tergolong dalam hidrokoloid, yang dimana diperlukan untuk membentuk dan memperbaiki tekstur bahan pangan. Karakteristik CMC yaitu berwarna putih, tidak berbau, higroskopis, dapat larut dalam air, dan memiliki pH 5. Penambahan CMC yang semakin tinggi mampu membentuk kerangka gel dimensi, sehingga memicu pembentukan porositas produk dan mampu meningkatkan daya rehidrasi (Yuwono dan Zulfiah, 2015).

Umumnya penambahan hidrokoloid dalam olahan mi *gluten free* dilakukan guna memperoleh karakteristik fisik mi yang baik. Pengaplikasian CMC dalam produk mi berperan sebagai *stabilizer* yang mampu mengendalikan perpindahan air pada adonan mi saat dimasak, sehingga tekstur adonan mi menjadi kokoh dan homogen. Penambahan CMC yang bersifat higroskopis yaitu mudah menyerap air diduga mampu meningkatkan daya kembang mie (Lala *et al.*, 2013 dalam kutipan

Mulyadi *et al.*, 2014). Pada penelitian Pingge *et al.* (2021) diketahui bahwa penambahan CMC turut mempengaruhi tekstur mi jagung dikarenakan peranan CMC sebagai pengikat air, pengental dan kenampakan tekstur, namun secara keseluruhan pembentukan tekstur mi didominasi oleh gluten pada terigu yang mampu membuat ikatan antar granula pati yang lebih rapat sehingga gel pati menjadi kokoh dan tahan terhadap gaya tarik.

2.8. Kadar Air

Kandungan air dalam bahan pangan sangat berkaitan dengan mutu bahan pangan dan sebagai tolak ukur kualitas dan daya simpan dari bahan pangan tersebut (Prasetyo *et al.*, 2019). Menurut Wahyuni (2022) tingginya kadar air berpotensi pertumbuhan bakteri, kapang, dan khamir yang mempengaruhi kualitas bahan pangan sehingga masa simpan nya menjadi singkat, sedangkan rendahnya kadar air akan menekan proses pembusukan pada produk pangan. Adanya variasi hasil pengukuran kadar air suatu produk pangan saat proses pengeringan dipengaruhi oleh suhu pengeringan yang terlalu tinggi, tingkat ketebalan bahan pangan, proses pengolahan produk pangan yang kurang optimal sehingga terdapat adonan bahan yang tidak tercampur rata. Namun proses pengeringan dengan suhu terlalu tinggi guna ingin mempercepat pengujian kadar air berpotensi merusak bahan pangan menjadi terlalu keras dikarenakan kecepatan gerakan air di dalam adonan yang tidak dapat mengimbangi perubahan suhu tinggi yang spontan dan air di dalam adonan tidak dapat menguap secara optimal (Hadi, 2019).