

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tepung *MOCAF* (*Modified Cassava Flour*)

Tepung *MOCAF* (*Modified Cassava Flour*) adalah tepung singkong termodifikasi yang diolah melalui fermentasi menggunakan mikroorganisme asam laktat. Proses modifikasi ini menyebabkan perubahan sifat fisikokimia tepung singkong, seperti penurunan kadar sianida, peningkatan kelarutan, dan perbaikan daya ikat air (Julianti *et al.* 2017). *MOCAF* memiliki warna yang lebih cerah, aroma netral, serta karakteristik yang mendekati tepung terigu, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan substitusi dalam produk bakery.



Gambar 2.1 Tepung *MOCAF* (*Modified Cassava Flour*) (Sumber: Pinterest, 2025)

Menurut Khasanah *et al.* (2024), substitusi tepung terigu dengan *MOCAF* hingga 30% masih dapat menghasilkan roti dengan tekstur lembut dan volume pengembangan yang baik. Namun, pada substitusi lebih dari 50%, volume pengembangan adonan cenderung menurun akibat rendahnya kadar gluten alami pada *MOCAF*. Ratnawati *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa penggunaan *MOCAF* pada kadar 20–40% menghasilkan mutu roti yang masih diterima secara fisik dan kimia.

Purwandari *et al.* (2018) menemukan bahwa penggunaan *MOCAF* sebagai substitusi sebagian tepung terigu (10–30%) dalam pembuatan roti menghasilkan tekstur yang masih dapat diterima secara sensoris, meskipun volume roti menurun akibat rendahnya kemampuan membentuk jaringan gluten. Selain itu, Khasanah *et al.* (2024) melaporkan bahwa tepung *MOCAF* memiliki daya serap air lebih tinggi dibandingkan tepung terigu, yang dapat memengaruhi konsistensi adonan dan

waktu *Proofing*. Khasanah *et al.* (2024) menyatakan bahwa *MOCAF* memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi serta berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional. Penggunaan *MOCAF* sebagai substituen tepung terigu juga dapat mendukung pemanfaatan pangan lokal pada berbagai produk bakery.

2.2 *Sourdough* dan Proses Fermentasi

Sourdough merupakan adonan yang diperoleh melalui fermentasi alami antara tepung dan air yang mengandung komunitas mikroba, terutama bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) dan ragi liar (*Saccharomyces sp.*). Mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi *sourdough* didominasi oleh bakteri asam laktat dan khamir yang bekerja secara sinergis. Interaksi kedua mikroorganisme tersebut memengaruhi pembentukan asam organik, senyawa aroma, serta karakteristik fisik dan sensoris adonan maupun roti yang dihasilkan (De Vuyst *et al.* 2023). Proses fermentasi pada *Sourdough* dapat dibedakan menjadi dua tahap, yaitu fermentasi utama (*Bulk Fermentation*) dan fermentasi adonan akhir (*final dough / Proofing*).



Gambar 2.2 *Sourdough Bread* (Sumber: Pinterest, 2025)

Menurut Pérez-Vega *et al.* (2024), proses fermentasi *Sourdough* meningkatkan keasaman (penurunan pH dan peningkatan total asam titrat/TTA), serta memengaruhi kadar air, aktivitas enzimatis, dan sifat viskoelastis adonan. Aktivitas mikroba dalam fermentasi juga menghasilkan senyawa volatil seperti *ester*, *aldehida*, dan *alkohol* yang memperkaya aroma dan cita rasa roti (Dobre *et al.* 2024). Fermentasi alami *Sourdough* memiliki keunggulan dibanding fermentasi instan karena menghasilkan produk dengan tekstur lebih lembut, lebih tahan lama,

serta memiliki nilai gizi lebih baik akibat degradasi protein dan fitat (Yang *et al.* 2024).

Sourdough hybrid adalah metode fermentasi roti yang mengombinasikan starter sourdough alami dengan ragi komersial (*Saccharomyces cerevisiae*). Kombinasi ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik khas sourdough, seperti cita rasa, aroma, dan pembentukan asam organik, sekaligus mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan kestabilan pengembangan adonan dibandingkan penggunaan sourdough alami saja (De Vuyst *et al.* 2023).

Pada sistem sourdough hybrid, bakteri asam laktat dari starter menghasilkan asam laktat dan asam asetat yang menurunkan pH adonan, sedangkan ragi komersial menghasilkan gas CO₂ yang meningkatkan daya kembang adonan. Interaksi kedua mikroorganisme tersebut mampu memperbaiki karakteristik fisikokimia dan mutu roti, terutama pada formulasi dengan substitusi tepung non-terigu, seperti *MOCAF* (Islam & Islam, 2024).

Penggunaan metode sourdough hybrid banyak diterapkan dalam penelitian maupun industri roti karena menghasilkan fermentasi yang lebih konsisten dan efisien. Selain meningkatkan volume dan tekstur roti, kombinasi starter sourdough dan ragi komersial juga mampu menghasilkan aroma yang lebih kompleks serta memperpanjang umur simpan produk akibat terbentuknya asam organik selama fermentasi (Plessas, 2021).

SNI 3840:1995 merupakan standar yang menetapkan persyaratan mutu roti sebagai produk pangan yang siap dikonsumsi. Di dalam standar tersebut dijelaskan berbagai kriteria mutu yang harus dipenuhi, meliputi sifat organoleptik seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur, serta persyaratan keamanan pangan yang mencakup batas maksimum cemaran logam berat dan cemaran mikrobiologi. Penerapan standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa roti yang diproduksi memiliki mutu yang baik sekaligus aman bagi konsumen.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Roti (SNI 01-3840-1995)

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan :		
Kenampakan	-	Normal
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Air	%, b/b	Maks 40
Abu (tidak termasuk garam)	%, b/b	Maks 1
Abu yang tidak larut dalam asam	%, b/b	Maks 0,3
NaCl	%, b/b	Maks 2,5
Serangga		Tidak ada
BTM		
Pengawet		Sesuai SNI 01-0222-1995
Pewarna		
Pemanis		
Falling number	detik	Min 300
Cemaran logam		
Raksa (Hg)	Mg/Kg	Maks 0,05

(Sumber: SNI (01-3840-1995))

2.3 Tepung Terigu (*Wheat Flour*)

Tepung terigu merupakan bahan utama dalam pembuatan berbagai produk bakery seperti roti, kue, dan pasta karena mengandung protein gluten yang berfungsi membentuk struktur elastis pada adonan. Gluten terbentuk dari dua fraksi utama protein, yaitu gliadin dan glutenin, yang ketika terhidrasi akan berinteraksi membentuk jaringan elastis dan kohesif sehingga mampu menahan gas hasil fermentasi (Rosell & Gómez, 2017).



Gambar 2.3 Tepung Terigu (*Wheat Flour*) (Sumber: Pinterest, 2025)

Menurut Zheng *et al.* (2023), kandungan gluten pada tepung terigu berkisar antara 8–14%, tergantung jenis gandum dan proses penggilingannya. Kandungan ini berperan besar dalam menentukan sifat fisik adonan seperti daya kembang, kekuatan adonan, dan tekstur produk akhir. Terigu dengan kadar protein tinggi umumnya digunakan untuk roti karena menghasilkan struktur berpori dan volume besar, sedangkan terigu protein rendah lebih cocok untuk kue kering.

Tepung terigu tersusun atas komponen utama berupa karbohidrat (70–75%), air (12–14%), protein (10–12%), lemak (1–2%), dan mineral (0,3–0,5%). Pati yang terdiri atas amilosa dan amilopektin berperan dalam pembentukan viskositas adonan, sedangkan protein gluten membentuk jaringan yang mampu mempertahankan gas hasil fermentasi. Sinergi antara pati dan gluten tersebut berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia adonan dan kualitas produk roti, termasuk sourdough (Shewry & Hey, 2022)

Rani *et al.* (2021) menambahkan bahwa kualitas tepung terigu juga dipengaruhi oleh kadar abu, kelembapan, warna, dan kekuatan gluten. Tepung dengan kadar abu rendah menunjukkan kemurnian tinggi dan warna lebih putih, sedangkan tepung dengan kadar air tinggi rentan terhadap kerusakan mikrobiologis. Proses pengolahan seperti *milling* dan *bleaching* juga dapat mempengaruhi sifat reologi dan kemampuan penyerapan air tepung.

Dalam konteks pembuatan *Sourdough*, tepung terigu berperan sebagai substrat utama bagi pertumbuhan mikroorganisme seperti *Lactobacillus sanfranciscensis* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Kandungan protein dan pati dalam terigu memengaruhi aktivitas enzimatik serta laju produksi asam dan gas selama

fermentasi (Yang *et al.* 2024). Oleh karena itu, kualitas tepung terigu sangat menentukan keberhasilan fermentasi dan mutu fisikokimia adonan *Sourdough*.

2.4 Pengaruh Lama fermentasi (*Proofing*) terhadap Adonan *Sourdough*

Lama fermentasi atau *Proofing* merupakan salah satu faktor utama yang menentukan mutu adonan *Sourdough*. Fermentasi yang lebih lama memberikan kesempatan bagi mikroba untuk menghasilkan asam laktat dan gas CO₂ secara maksimal, namun juga berisiko menyebabkan penurunan daya kembang jika keasaman berlebihan (Casado, Rosell, & Gómez, 2017).



Gambar 2.4 Fermentasi Adonan (*Proofing*) (Sumber:Pinterest, 2025)

Menurut Pérez-Vega *et al.* (2024), fermentasi dengan waktu 4–72 jam menyebabkan perubahan signifikan pada pH, total asam titrat (TTA), kadar air, serta profil tekstur adonan. Penurunan pH yang terjadi dalam 12–24 jam pertama, kemudian cenderung stabil karena aktivitas mikroba mencapai titik keseimbangan.

Dobre *et al.* (2024) melaporkan bahwa fermentasi lebih dari 24 jam menyebabkan adonan terlalu asam dan mengurangi retensi gas akibat degradasi protein gluten. Sebaliknya, lama fermentasi yang terlalu singkat (<8 jam) menghasilkan adonan kurang mengembang dan cita rasa belum berkembang sempurna. Selain itu, Tagliasco (2024) menegaskan bahwa waktu *Proofing* optimal berbeda-beda tergantung pada jenis tepung, suhu, dan kadar air. Pada tepung tinggi gluten seperti terigu, fermentasi 12–18 jam menghasilkan struktur adonan elastis dan berpori baik. Namun, pada tepung rendah gluten (misalnya

MOCAF), waktu *Proofing* perlu disesuaikan agar fermentasi tetap efisien tanpa menyebabkan kerusakan struktur.

2.5 Pengaruh Substitusi Tepung *MOCAF* terhadap Adonan *Sourdough*

Penggunaan *MOCAF* sebagai substitusi tepung terigu dalam pembuatan *Sourdough* berpotensi menambah nilai gizi dan mengurangi ketergantungan terhadap impor gandum. Namun, substitusi ini juga menimbulkan tantangan pada aspek fisikokimia adonan.

Menurut Pandiangan (2022), semakin tinggi tingkat substitusi *MOCAF*, semakin rendah kemampuan adonan menahan gas karena tidak terbentuk jaringan gluten yang kuat. Akibatnya, volume spesifik roti berkurang dan teksturnya menjadi lebih padat. Meski demikian, kandungan pati resisten dan serat pada *MOCAF* dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan menurunkan indeks glikemik produk akhir.

Penelitian Yang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa fermentasi campuran tepung non-gluten seperti *MOCAF* menyebabkan perubahan keseimbangan antara populasi *Lactobacillus* dan ragi, yang berpengaruh terhadap pH dan kecepatan fermentasi. Kondisi tersebut memerlukan waktu *Proofing* yang diatur lebih lama agar aktivitas mikroba tetap optimal.

Selain itu, Purwandari *et al.* (2018) menyarankan penggunaan *MOCAF* dalam kisaran 10-30% untuk menjaga karakteristik adonan tetap stabil, melaporkan bahwa peningkatan proporsi substitusi *MOCAF* dalam adonan roti dapat menurunkan kemampuan pembentukan jaringan gluten, sehingga elastisitas adonan dan volume pengembangan roti cenderung menurun.

2.6 Hubungan Lama fermentasi dan Substitusi Tepung *MOCAF* terhadap Karakteristik Fisikokimia Adonan *Sourdough*

Hubungan antara lama fermentasi dan substitusi *MOCAF* saling berkaitan. Semakin tinggi tingkat substitusi *MOCAF*, fermentasi cenderung menghasilkan

keasaman lebih tinggi namun menurunkan volume adonan karena lemahnya jaringan gluten (Pérez-Vega *et al.* 2024). Selain itu, tepung dengan kadar protein rendah menyebabkan laju fermentasi lebih lambat dan perubahan pH yang tidak stabil (De Bondt *et al.* 2024).

Daya kembang adonan merupakan salah satu parameter fisik yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan adonan dalam mengalami penambahan volume selama proses fermentasi atau *proofing*. Peningkatan volume tersebut terjadi karena gas karbon dioksida yang dihasilkan selama fermentasi tertahan di dalam struktur adonan, sehingga adonan menjadi mengembang. Pengukuran daya kembang umumnya dilakukan dengan membandingkan volume adonan sebelum dan sesudah proses fermentasi, kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Semakin tinggi nilai daya kembang, semakin baik kemampuan adonan dalam menahan gas hasil fermentasi dan membentuk struktur yang lebih mengembang. Oleh karena itu, daya kembang sering digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai mutu fisik adonan roti sebelum proses pemanggangan (Maddini *et al.* 2026; Rayani *et al.* 2023).

pH merupakan ukuran yang digunakan untuk menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu bahan, yang ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam larutan. Nilai pH digunakan untuk menggambarkan kondisi asam, netral, atau basa suatu larutan, sehingga dalam bahan pangan parameter ini sering dipakai untuk menilai perubahan kimia yang terjadi selama proses pengolahan atau fermentasi (Aplevicz *et al.* 2013; Oshiro *et al.* 2020).

Lama fermentasi dan substitusi tepung *MOCAF* juga dapat memengaruhi daya kembang dan pH adonan. *MOCAF* merupakan tepung singkong termodifikasi yang tidak mengandung gluten seperti tepung terigu. Kondisi ini menyebabkan peningkatan proporsi *MOCAF* dalam adonan berpotensi menurunkan kemampuan pembentukan jaringan gluten, sehingga kemampuan adonan untuk menahan gas hasil fermentasi menjadi berkurang. Akibatnya, semakin tinggi substitusi *MOCAF*, daya kembang adonan dapat menurun apabila struktur adonan tidak cukup kuat menahan gas karbon dioksida. Di sisi lain, karakteristik kimia *MOCAF* yang diperoleh melalui proses fermentasi juga dapat berpengaruh terhadap kondisi

fermentasi adonan dan perubahan tingkat keasaman selama proses *proofing*. Dengan demikian, kombinasi lama fermentasi dan substitusi tepung *MOCAF* dapat menentukan perubahan daya kembang dan pH adonan roti *Sourdough* (Nur'utami *et al.* 2020; Prastiwi *et al.* 2023).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik ini dihimpun sebagai acuan dalam menyusun landasan teori penelitian ini. Ringkasan penelitian terdahulu disajikan pada tabel berikut sebagai gambaran umum pembandingan bagi penelitian yang dilakukan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti & Tahun	Judul	Hasil Utama	Relevansi
1.	Dobre <i>et al.</i> (2024)	Influence of Technological Parameters on <i>Sourdough</i> Starter Obtained from Different Flours	Lama fermentasi 72 jam menghasilkan kestabilan pH dan struktur adonan yang optimal.	Menjadi acuan dalam menentukan lama fermentasi ideal pada adonan <i>Sourdough</i> .
2.	Pérez-Vega <i>et al.</i> (2024)	Effects of Fermentation Time on <i>Sourdough</i> Properties	Lama fermentasi 12–24 jam memberikan keseimbangan terbaik antara volume dan keasaman.	Relevan untuk penentuan lama <i>Proofing</i> yang optimal.
3.	Prastiwi (2024)	Effect of Fermentation Time on the Quality of <i>MOCAF</i>	Lama fermentasi memengaruhi warna, aroma, dan sifat fungsional tepung <i>MOCAF</i> .	Relevan dalam memahami pengaruh fermentasi terhadap bahan dasar <i>MOCAF</i> .

Tabel 2.2 Lanjutan

4.	Grgić <i>et al.</i> (2024)	<i>Sourdough</i> Fermentation of Oat and Barley Flour with Bran	Tepung non-gluten menurunkan elastisitas dan volume adonan <i>Sourdough</i> . Substitusi <i>MOCAF</i> hingga 30% masih diterima secara sensoris, sedangkan >30% menurunkan volume dan elastisitas.	Analogi dengan efek substitusi <i>MOCAF</i> yang rendah gluten.
5.	Purwandari <i>et al.</i> (2018)	Substitution of Wheat Flour with <i>MOCAF</i> in Bread Making		Menjadi pedoman dalam menentukan batas substitusi <i>MOCAF</i> .

