

Kajian Literatur Aktivitas Air (Aw), Isoterm Sorpsi Lembab (ISL), dan Daya Simpan Beras Analog Berbasis Mocaf

Alsya Nursafa^{1*}, Raden Siti Nurlaela², Siti Nurhalimah³

¹Teknologi Pangan dan Gizi Universitas Djuanda, nursafaalsya30@gmail.com

²Teknologi Pangan dan Gizi Universitas Djuanda, r.siti.nurlaela@unida.ac.id

³Teknologi Pangan dan Gizi Universitas Djuanda, siti.nurhalimah@unida.ac.id

ABSTRAK

Beras analog berbahan dasar Tepung Singkong Modifikasi (Mocaf) memiliki peran strategis dalam upaya diversifikasi pangan nasional. Namun demikian, stabilitas simpan produk ini masih menjadi tantangan utama akibat sifat higroskopis bahan penyusunnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keterkaitan antara aktivitas air (Aw), isoterm sorpsi lembab (ISL), dan umur simpan beras analog berbasis Mocaf melalui kajian literatur terstruktur terhadap publikasi ilmiah pada periode 2015–2025. Data dikumpulkan dari berbagai basis data ilmiah menggunakan kata kunci yang relevan dan dianalisis secara sintesis naratif. Hasil kajian menunjukkan bahwa beras analog berbasis Mocaf umumnya mengikuti pola isoterm sorpsi lembab tipe II, yang ditandai dengan peningkatan tajam kadar air kesetimbangan pada kelembaban relatif lingkungan di atas 70%. Zona kritis aktivitas air teridentifikasi pada kisaran 0,6–0,7, yang berpotensi memicu pertumbuhan mikroba serta penurunan mutu fisik produk. Kondisi ini menunjukkan bahwa stabilitas dan daya simpan beras analog sangat dipengaruhi oleh pengendalian kadar air awal serta kemampuan sistem pengemasan dalam menghambat perpindahan uap air dari lingkungan. Dengan demikian, karakterisasi aktivitas air (Aw) dan isoterm sorpsi lembab menjadi parameter kunci dalam perancangan sistem pengemasan yang efektif untuk memperpanjang daya simpan beras analog berbasis Mocaf.

Kata Kunci: Aktivitas Air (aw), Beras Analog, Isoterm Sorpsi Lembab, Mocaf, Umur Simpan.

PENDAHULUAN

Padi memegang posisi vital sebagai komoditas pangan utama di Indonesia, akan tetapi ketergantungan konsumsi yang ekstrem terhadapnya berpotensi mendestabilisasi ketahanan pangan nasional. Oleh sebab itu, implementasi diversifikasi pangan yang memberdayakan sumber daya lokal menjadi strategi mitigasi yang krusial. Beras analog hadir sebagai salah satu inovasi pangan yang menjanjikan, di mana produk ini direkayasa menyerupai beras namun menggunakan bahan baku non-padi, termasuk aneka umbi-umbian (Pudjihastuti et al., 2019).

Dalam ranah bahan baku potensial, singkong khususnya dalam bentuk tepung termodifikasi atau *Modified Cassava Flour* (Mocaf) dinilai memiliki keunggulan signifikan karena karakteristik fisikokimianya sangat mendukung proses pembentukan granula beras analog. Riset komparatif memperlihatkan bahwa Mocaf memiliki profil viskositas, kemampuan gelasi, serta kelarutan yang lebih superior apabila disandingkan dengan tepung singkong konvensional (Nabila & Hartuti, 2024).

Meskipun demikian, stabilitas mutu beras analog berbasis pati menghadapi tantangan serius akibat sifat higroskopisnya yang cenderung menyerap uap air dari lingkungan. Dalam aspek ini, aktivitas air (A_w) menjadi parameter determinan stabilitas yang lebih krusial dibandingkan sekadar kadar air total. Fluktuasi nilai A_w yang meningkat selama masa simpan terbukti berkorelasi erat dengan risiko degradasi fisik produk maupun proliferasi mikroorganisme (Hizni et al., 2024).

Di sisi lain, pemahaman komprehensif mengenai mekanisme interaksi uap air pada beras analog memerlukan analisis terhadap pola Isoterm Sorpsi Lembab (ISL). Data spesifik terkait kadar air kesetimbangan dan titik kritis A_w merupakan elemen fundamental yang diperlukan untuk merumuskan strategi penyimpanan serta pemilihan kemasan yang efektif. (Kurniawan et al., 2021).

Mengingat literatur yang secara spesifik mengeksplorasi hubungan antara aktivitas air (A_w), karakteristik ISL, dan implikasinya terhadap stabilitas beras analog berbasis Mocaf masih relatif terbatas, penelitian ini dirancang dengan pendekatan kajian literatur. Tujuan utamanya adalah untuk menelaah, membandingkan, dan menyintesis temuan-temuan ilmiah terdahulu mengenai kontribusi A_w dan ISL terhadap umur simpan serta kualitas beras analog berbahan dasar Mocaf.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini mengadopsi pendekatan studi pustaka (*literature review*), yang difokuskan pada kompilasi dan telaah kritis terhadap studi-studi terdahulu mengenai beras analog berbasis Mocaf, khususnya terkait variabel aktivitas

air (A_w), isoterm sorpsi lembab (ISL), serta determinan stabilitas penyimpanan. Sumber data primer diperoleh dari artikel jurnal berskala nasional maupun internasional yang terindeks pada berbagai pangkalan data digital utama, meliputi Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, ResearchGate, dan Garuda.

Kata kunci disusun berdasarkan tiga kategori utama, yaitu bahan/produk, parameter fisikokimia, dan aspek stabilitas penyimpanan, sebagaimana disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Kombinasi Kata Kunci Penelusuran Literatur

Kategori	Kata Kunci
Bahan/Produk	"Beras Analog" OR "Analog Rice" OR "Mocaf" OR "Modified Cassava Flour" OR "Tepung Singkong Modifikasi"
Parameter Mutu	"Aktivitas Air" OR "Water Activity (A_w)" OR "Isoterm Sorpsi Lembab" OR "Moisture Sorption Isotherm" OR "Kadar Air Kesetimbangan"
Stabilitas & Daya Simpan	"Daya Simpan" OR "Umur Simpan" OR "Stabilitas Penyimpanan" OR "Shelf Life" OR "Storage Stability"

Contoh kombinasi pencarian yang digunakan dalam proses penelusuran literatur antara lain:

- "Beras Analog" AND "Mocaf" AND "Aktivitas Air"
- "Analog Rice" AND "Water Activity" AND "Shelf Life"
- "Mocaf" AND "Moisture Sorption Isotherm"
- "Tepung Singkong Modifikasi" AND "Isoterm Sorpsi Lembab" AND "Daya Simpan"

Kombinasi kata kunci tersebut digunakan untuk memastikan bahwa literatur yang diperoleh memiliki keterkaitan langsung dengan karakteristik higroskopis, perubahan aktivitas air, serta implikasinya terhadap stabilitas dan umur simpan beras analog berbasis Mocaf.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Penentuan artikel yang relevan dilakukan dengan menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi secara ketat guna menjamin kualitas dan kesesuaian literatur yang dianalisis. Kriteria tersebut dirangkum sebagai berikut:

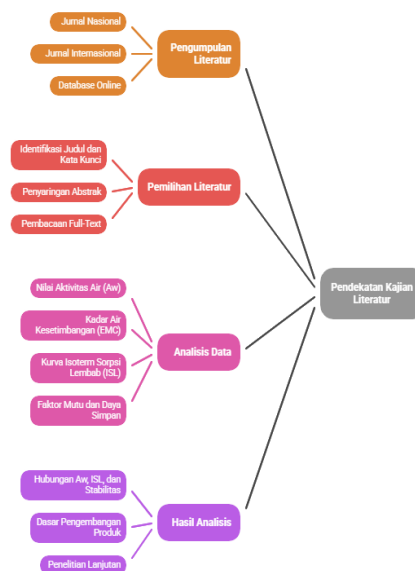
Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Literatur

Kriteria	Inklusi (Diterima)	Eksklusi (Ditolak)
Jenis Publikasi	Artikel jurnal ilmiah (penelitian asli dan review), prosiding ilmiah, serta buku atau bab buku akademik	Artikel non-ilmiah (berita, blog, website populer), abstrak tanpa teks lengkap
Fokus Topik	Membahas beras analog, Mocaf, tepung singkong termodifikasi, aktivitas air (Aw), isoterm sorpsi lembab (ISL), atau daya simpan produk pangan berbasis singkong	Membahas beras analog tanpa keterkaitan dengan Aw/ISL, atau pati singkong untuk aplikasi non-pangan
Parameter yang Dikaji	Menyajikan data atau pembahasan mengenai kadar air, Aw, EMC, ISL, stabilitas penyimpanan, atau pengemasan	Tidak membahas parameter kelembaban, stabilitas, atau umur simpan
Bahasa	Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris	Bahasa selain Indonesia dan Inggris
Rentang Waktu	Publikasi dalam 10 tahun terakhir (2015–2025)	Publikasi di luar rentang waktu, kecuali artikel dasar (landmark paper) yang relevan

Proses seleksi literatur dijalankan melalui tiga fase sistematis. Fase pertama meliputi identifikasi awal berbasis judul dan kata kunci untuk memverifikasi kesesuaian topik. Fase kedua melibatkan penapisan (*screening*) melalui abstrak guna memastikan ketepatan fokus pembahasan. Fase ketiga adalah pembacaan

komprehensif terhadap literatur yang lolos seleksi untuk mengevaluasi relevansi serta kelengkapan data yang disajikan.

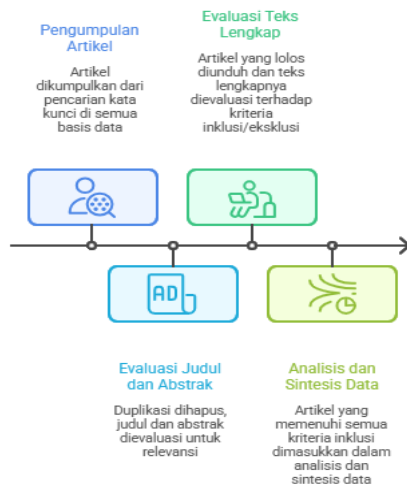
Ekstraksi data dari setiap sumber difokuskan pada parameter kunci seperti nilai aktivitas air (Aw), kadar air kesetimbangan (EMC), tipologi kurva ISL, serta faktor-faktor yang memengaruhi mutu dan umur simpan produk beras analog Mocaf. Selanjutnya, data yang terhimpun dianalisis menggunakan metode deskriptif-komparatif untuk mengidentifikasi pola, konvergensi, maupun divergensi antar-penelitian. Hasil sintesis ini diharapkan dapat menyajikan gambaran holistik mengenai korelasi antara Aw, ISL, dan stabilitas produk, sekaligus merangkum temuan esensial yang berfungsi sebagai landasan bagi pengembangan produk dan riset lanjutan.



Gambar 1. Proses Analisis Literatur Hubungan Aktivitas Air (Aw) dan Stabilitas Beras Analog Berbasis Singkong

Prosedur Seleksi Artikel (Skrining)

Prosedur seleksi artikel dilakukan melalui empat tahap (diadaptasi dari metode PRISMA):



1. Identifikasi (*Identification*): Artikel yang diperoleh dari hasil pencarian kata kunci pada semua basis data dikumpulkan.
2. Skrining (*Screening*): Duplikasi artikel dihapus. Judul dan abstrak dari setiap artikel yang tersisa dibaca dan dievaluasi untuk menentukan relevansinya dengan topik.

Gambar 2. *Prosedur Seleksi Artikel*

3. Kelayakan (*Eligibility*): Artikel yang lolos tahap screening diunduh dan dibaca teks lengkapnya. Kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan kembali secara ketat pada teks lengkap.
4. Sintesis (*Synthesis*): Artikel yang memenuhi semua kriteria inklusi dimasukkan dalam proses analisis dan sintesis data.

Analisis dan Sintesis Data

Data yang diekstrak dari artikel terpilih dikelompokkan dan disintesis secara deskriptif berdasarkan sub-tema utama yang relevan dengan judul, meliputi:

1. Karakteristik Dasar Aktivitas Air (*Aw*) dan Isoterm Sorpsi Lembab (*ISL*): Meliputi pengukuran nilai *Aw*, kadar air kesetimbangan (*EMC*), model isoterm (misalnya *GAB*), serta pola kurva sorpsi (tipe sigmoid II) pada beras analog berbasis Mocaf. Metode Penentuan Titik Kritis *Aw* dan Stabilitas: Meliputi pendekatan analisis kinetika (misalnya model *Labuza*).



Gambar 3. *Prosedur Analisis Sintetis*

Data

- 2 Pengaruh faktor lingkungan (RH, WVTR kemasan), serta evaluasi degradasi mutu (tekstur, mikrobiologi) selama penyimpanan.

Potensi Aplikasi untuk Estimasi Umur Simpan: eliputi strategi pengendalian Aw (<0,6-0,7),

3. Optimalisasi kemasan barrier uap air, serta rekomendasi protokol penyimpanan untuk beras analog Mocaf guna diversifikasi pangan.

Sintesis dilakukan dengan membandingkan, mengontraskan, dan merangkum temuan-temuan dari berbagai penelitian untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai potensi Aw dan ISL dalam menentukan daya simpan beras analog berbasis Mocaf.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelusuran literatur mengindikasikan bahwa beras analog berbasis Mocaf menyimpan potensi substansial sebagai pangan fungsional yang mendukung diversifikasi pangan, sekaligus memiliki stabilitas yang menjanjikan. Merujuk pada temuan (Hizni et al.,2024) yang mengembangkan formulasi beras analog dari campuran Mocaf, sagu, tempe, dan ikan kembung, komposisi bahan baku terbukti memiliki dampak signifikan terhadap profil sensoris dan kimia produk. Dalam studi tersebut, Formula F2 menunjukkan keunggulan dengan kadar air terendah sebesar 6,33% jauh di bawah formula lain yang mencapai 11% yang mengindikasikan potensi

stabilitas aktivitas air (A_w) yang lebih baik. Rendahnya kadar air ini merupakan parameter krusial, mengingat A_w berfungsi sebagai determinan utama dalam mencegah kerusakan kimiawi maupun mikrobiologis pada produk pangan.

Ditinjau dari aspek tekstural, kadar amilosa pada Mocaf yang berkisar antara 30,5–31,2% berperan penting dalam membentuk butiran yang padat dan kokoh saat dimasak. Fenomena ini sejalan dengan riset (Nabila & Hartuti, 2019) yang melaporkan bahwa proses modifikasi pada singkong mampu meningkatkan *swelling power* dan viskositas, sehingga mempermudah proses ekstrusi. Selain keunggulan fisik, Hizni et al. juga mencatat bahwa Formula F2 memiliki densitas nutrisi yang superior dengan kandungan karbohidrat mencapai 84,1% dan nilai energi sebesar 381 kkal/100 g, yang turut berkontribusi pada stabilitas produk selama penyimpanan.

Apabila dikomparasikan dengan riset mengenai beras analog komposit singkong, jagung, dan talas (*cassava-corn-taro*), produk dari formulasi tersebut memiliki rentang kadar air 12,32–13,35%. Meskipun angka ini masih memenuhi ambang batas aman SNI, nilainya relatif lebih tinggi dibandingkan formulasi terbaik berbasis Mocaf. Kendati demikian, penambahan bahan lain memberikan keuntungan pada parameter visual. Studi pada varian *cassava-corn-taro* memperlihatkan bahwa Formula F3 menghasilkan tingkat kecerahan (*brightness*) tertinggi di angka 80,43. Hal ini menegaskan bahwa inkorporasi tepung jagung dan talas mampu memperbaiki estetika produk, walaupun berimplikasi pada kadar air yang lebih tinggi.

Analisis terhadap pola Isoterm Sorpsi Lembab (ISL) juga menjadi elemen fundamental untuk memetakan korelasi antara kadar air, A_w , dan umur simpan. Literatur mengenai ISL mengungkapkan bahwa beras analog berbasis tepung singkong memiliki karakteristik higroskopis yang tinggi. Pada kondisi kelembaban relatif (RH) di atas 70%, kadar air kesetimbangan (EMC) mengalami lonjakan signifikan. Peningkatan EMC ini berdampak langsung pada kenaikan nilai A_w , yang secara teoritis mempercepat degradasi mutu produk. Temuan ini menggarisbawahi urgensi penerapan formulasi dengan kadar air awal yang rendah, serta penggunaan

kemasan dengan barrier uap air yang handal untuk mencegah penyerapan kelembaban selama proses distribusi.

Untuk menggambarkan perbandingan antar penelitian, berikut disajikan rangkuman hasil kajian literatur dari keempat studi tersebut.

Tabel 1. Hasil Kajian Aktivitas Air (*A_w*), ISL, dan Stabilitas Beras Analog Mocaf

Berdasarkan Studi Literatur

Penelitian	Kadar Air Awal (%)	Implikasi <i>A_w</i>	Pola ISL/EMC	Stabilitas Penyimpanan	Referensi
Mocaf– Sagu– Tempe– Ikan	6,33– 11,0%	Stabilitas <i>A_w</i> tinggi; risiko kontamina si mikroba minimal pada F2.	(Tidak diuji spesifik), namun kadar air rendah menjaga <i>A_w</i> di zona aman.	Stabilitas tinggi, terutama pada formula F2.	(Hizni et al., 2024)
Studi ISL/EMC Singkong	Bervariasi	Laju peningkatan <i>A_w</i> signifikan pada kondisi RH di lingkungan tinggi.	EMC melonjak tajam pada RH > 70% (Tipe Sigmoid II).	Sangat bergantung pada integritas kemasan.	Studi EMC/ISL (Kurniawan & Pakpahan, 2021).

Cassava– Corn– Taro	12,32– 13,35%	Nilai Aw awal relatif tinggi; rentan terhadap fluktuasi kelembaba n.	(Tidak diuji), namun kadar air tinggi mempercepa t kenaikan Aw.	Stabilitas sedang; memerlukan kontrol lingkungan ketat	(Pudjihastu ti et al., 2019)
Karakteris- tik Mocaf	(Tergantu- ng proses)	Sifat higroskopis tinggi; akselerasi peningkat- an Aw akibat absorpsi uap air. t	Sifat higroskopisitas tinggi akibat modifikasi pati.	Stabilitas sangat bergantung pada kadar air awal produk.	(Nabila & Hartuti, 2025)

Sumber: Data diolah berdasarkan literatur (2024–2025)

Walaupun penelitian tentang beras analog terus mengalami perkembangan, kajian yang secara khusus menyoroti hubungan antara aktivitas air (Aw), isotherm sorpsi lembab (ISL), dan daya simpan beras analog berbahan Mocaf masih sangat terbatas. Berdasarkan analisis terhadap empat artikel rujukan, ditemukan beberapa celah penelitian (*research gap*) yang melatarbelakangi pentingnya kajian literatur ini:

1. Fokus Penelitian Masih pada Kadar Air, Bukan Aktivitas Air (Aw)

Sebagian besar studi (Hizni et al., 2024); Analog Rice CCT;(Nabila & Hartuti, 2025) hanya melaporkan kadar air produk tanpa mengkaitkannya dengan Aw.

Padahal Aw merupakan penentu utama stabilitas mikrobiologis, reaksi enzimatis, dan ketahanan produk selama penyimpanan. Minimnya data Aw menyebabkan penilaian daya simpan tidak akurat.

2. **Kajian ISL Beras Analog Mocaf Masih Sangat Sedikit**

Penelitian ISL yang tersedia umumnya dilakukan pada tepung singkong biasa, bukan Mocaf. Padahal Mocaf mengalami proses modifikasi fermentatif yang mengubah struktur pati, kelarutan, dan higroskopisitasnya. Tanpa data ISL spesifik Mocaf, sulit memprediksi bagaimana produk menyerap atau melepas uap air dalam berbagai kondisi kelembaban relatif (RH).

3. **Belum Ada Analisis Terintegrasi antara ISL, Aw, dan Umur Simpan**

Studi-studi yang ada masih memisahkan kajian mutu fisik, gizi, dan sensoris. Belum ada penelitian yang menghubungkan pola EMC–ISL dengan perubahan Aw dan dampaknya terhadap umur simpan. Padahal model terintegrasi diperlukan untuk menentukan titik kritis kerusakan dan strategi pengemasan yang optimal.

Analisis Konseptual : Celah Penelitian dan Peluang Pengembangan Kajian Aw–ISL–Daya Simpan Beras Analog Mocaf

Berdasarkan celah penelitian di atas, beras analog Mocaf dapat dianalisis secara konseptual melalui pendekatan Aw dan kurva ISL untuk memprediksi daya simpan. Mocaf memiliki karakter fisikokimia khas, yaitu swelling power yang tinggi, kelarutan yang besar, dan kandungan amilosa sekitar 30,5–31,2%. Sifat-sifat ini membuat Mocaf cenderung lebih higroskopis dibanding tepung jagung dan talas, sehingga lebih cepat menyerap uap air ketika berada pada RH tinggi. Hal ini berarti bahwa perubahan Aw pada produk berbasis Mocaf kemungkinan terjadi lebih cepat dibandingkan produk analog rice berbahan campuran jagung–talas.

Secara komparatif, formulasi beras analog Mocaf–sagu–tempe–ikan dengan kadar air awal 6,33% diprediksi memiliki Aw yang stabil dan berada dalam zona aman (<0,6). Sebaliknya, formulasi cassava–corn–taro memiliki kadar air awal lebih

tinggi (12–13%), sehingga nilai A_w di awal penyimpanan lebih besar dan lebih rentan meningkat ketika produk terpapar RH tinggi. Kenaikan A_w ini akan mempercepat terjadinya kerusakan, terutama kapang dan perubahan fisik produk.

Kajian ISL pada bahan berbasis tepung singkong menunjukkan bahwa EMC meningkat secara tajam pada $RH > 70\%$. Jika data ini diterapkan pada Mocaf, besar kemungkinan kurva sorpsi lembab akan menunjukkan pola serupa, tetapi tingkat kenaikannya lebih cepat, karena Mocaf memiliki luas permukaan aktif lebih besar akibat proses fermentasi. Ketika EMC naik, A_w juga meningkat, dan pada titik tertentu ($A_w > 0,7$), kondisi tersebut menjadi kritis bagi daya simpan produk.

Dengan demikian, kajian konseptual ini menunjukkan bahwa beras analog berbasis Mocaf memerlukan kadar air awal rendah serta pengemasan dengan tingkat *water vapor transmission rate* (WVTR) rendah agar A_w tetap stabil dan daya simpan dapat diperpanjang.

1. Rancangan Hasil Berdasarkan Studi Konseptual

Tabel 2. Parameter dan Catatan Pengembangan Beras Analog Mocaf Berdasarkan A_w dan ISL (Konseptual)

Parameter	Beras Analog Mocaf (Konseptual)	Catatan
Aktivitas Air (A_w)	$<0,6$ (pada kadar air 6–8%)	Zona aman terhadap pertumbuhan kapang dan mikroba.
Kadar Air Awal	6–8%	Kondisi ideal untuk memperpanjang umur simpan produk.
Higroskopisitas	Sedang–tinggi	Memerlukan kemasan dengan barier uap air tinggi (<i>low WVTR</i>).

Karakteristik ISL	EMC meningkat tajam pada RH > 70%	Pengendalian kelembaban relatif (RH) ruang simpan bersifat kritis
Stabilitas Penyimpanan	Tinggi (jika Aw terkendali)	Sangat dipengaruhi oleh interaksi antara produk dan kemasan.
Struktur Pati	Terdegradasi parsial (fermentasi) & berpori (<i>porous</i>)	Meningkatkan daya serap air, kelarutan, dan kemudahan cerna (<i>digestibility</i>).
Potensi Fungsional	Gluten-free, Indeks Glikemik Rendah, Tinggi Serat (jika difortifikasi)	Mendukung program diversifikasi pangan dan diet kesehatan

Sumber: Diolah oleh penulis berdasarkan kajian literatur

Jika dibandingkan antar penelitian, formulasi beras analog berbasis Mocaf terbukti memiliki keunggulan dalam hal potensi kestabilan penyimpanan karena dapat diproduksi dengan kadar air awal yang jauh lebih rendah (<7%). Dengan kadar air rendah, Aw menjadi lebih stabil dan tidak cepat meningkat meskipun produk terpapar RH yang berfluktuasi. Sebaliknya, pada formula berbasis campuran singkong–jagung–taro, kadar air awal yang lebih tinggi menyebabkan Aw lebih mudah mencapai titik kritis selama penyimpanan.

Studi ISL memperkuat hal ini dengan menunjukkan bahwa bahan berbasis singkong mudah menyerap air hingga mencapai EMC tinggi ketika RH meningkat. Hal tersebut menjelaskan mengapa perubahan Aw pada beras analog Mocaf harus dipantau dengan cermat. Struktur pati Mocaf yang lebih porus akibat proses modifikasi juga mempercepat interaksi dengan uap air, sehingga kemasan dengan WVTR rendah seperti metalized film atau PP multi-layer sangat disarankan.

Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa beras analog berbasis Mocaf memiliki peluang besar untuk memiliki umur simpan panjang selama kadar air awal rendah, Aw terkendali, dan kemasan dipilih sesuai karakteristik ISL bahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa beras analog berbasis Tepung Singkong Modifikasi (Mocaf) memiliki potensi besar sebagai produk pangan alternatif yang stabil, namun ketahanannya sangat bergantung pada pengendalian sifat higroskopis bahan serta interaksinya dengan lingkungan. Berdasarkan karakteristik isoterm sorpsi lembab (ISL) tipe II, produk ini rentan mengalami kerusakan pada kelembaban relatif lingkungan di atas 70%, yang dapat memicu kenaikan aktivitas air (Aw) ke zona kritis. Oleh karena itu, strategi utama untuk memperpanjang daya simpan dan mempertahankan mutu produk adalah dengan mengintegrasikan pengendalian kadar air awal pada level rendah (<7%), menjaga nilai Aw tetap aman (<0,6), serta menggunakan sistem pengemasan dengan laju transmisi uap air (WVTR) yang rendah.

REFERENSI

- Hizni, A., Pitriani, R., & Ahmalinda, M. (2024). Karakteristik Sensoris dan Kandungan Gizi Beras Analog Berbahan Mocaf dan Sagu yang Disuplementasi Protein Tempe dan Ikan Kembung. *Media Informasi*, 20(2), 2024–2050.
<https://ejurnal2.poltekkestasikmalaya.ac.id/index.php/bmi>
- Nabila, R., & Hartuti, S. (2025). Nomor 1, Februari 2025 Teknik Pertanian. *Universitas Syiah Kuala. Jl.Tgk. Hasan Krueng Kalee*, 10(3). www.jim.usk.ac.id/JFP
- Pudjihastuti, I., Sumardiono, S., Supriyo, E., & Kusumayanti, H. (2019). *Analog Rice Made From Cassava Flour, Corn and Taro for Food Diversification*.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201>

Kurniawan, Y. R., Pakpahan, N., Purwanto, Y. A., Purwanti, N., & Budijanto, S.
(2021). Stabilitas Beras Analog Berdasarkan Pola Kadar Air Kesetimbangan.
PANGAN, 30(2), 87-98.