

## Efektivitas Pembekuan Pasca-Pemasakan dan Fortifikasi Sereh dalam Rekayasa Retrogradasi Pati Nasi untuk Menurunkan Indeks Glikemik dan Daya Cerna Pati

*[Effectiveness of Post-Cooking Freezing and Lemongrass Fortification in Engineering Rice Starch Retrogradation to Reduce Glycemic Index and Starch Digestibility]*

Andi Laila Nugrawati Mustarim<sup>1</sup>, Muhammad Iqbal Kusumabaka Rianse<sup>1</sup>, Ilian Elvira<sup>1</sup>, Fitria Dewi<sup>2</sup>, Fatahu<sup>1</sup>, dan Adri Aningsih Fardila Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Jln. H.E.A. Mokodompit, Sulawesi Tenggara)

<sup>2</sup> Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Jln. H.E.A. Mokodompit, Sulawesi Tenggara)

\* Email korespondensi : [lailanugrawaty@gmail.com](mailto:lailanugrawaty@gmail.com)

### ABSTRACT

Rice as the main staple food in Indonesia has a relatively high glycemic index, which may increase the risk of metabolic disorders. Rice engineering through the retrogradation process is one approach that can be applied to reduce its glycemic index. This study aimed to evaluate the effectiveness of post-cooking freezing in engineering rice starch retrogradation to promote resistant starch formation and reduce glycemic digestibility. Freezing was conducted stepwise for 24, 48, and 72 hours. Retrogradation was analyzed through amylose absorbance measurement, while digestibility was evaluated by *in vitro* starch hydrolysis with glucose determination using a colorimetric method based on 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS). The results showed that post-cooking freezing was able to reduce starch digestibility through the formation of retrograded structures. The hydrolysis index of all samples ranged from 2.79 to 4.60%, and the predicted glycemic index was in the range of 41.24–42.25, which falls into the low category. The pattern of digestibility changes showed an increasing trend at 24 and 48 hours of freezing, followed by a decrease at 72 hours. This digestibility profile formed a U-shaped pattern, which may be attributed to the dynamic nature of the retrogradation process during freezing.

*Keywords:* functional rice, resistant starch, predicted glycemic index, starch hydrolysis, *in vitro*

### ABSTRAK

Nasi sebagai pangan pokok utama masyarakat Indonesia dengan nilai indeks glikemik (IG) relatif tinggi, berpotensi meningkatkan risiko gangguan metabolik. Rekayasa nasi melalui proses retrogradasi pati merupakan salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai IG. Selain itu, fortifikasi menggunakan filtrat sereh sebagai sumber senyawa bioaktif juga berpotensi menekan laju hidrolisis pati melalui mekanisme penghambatan enzim pencernaan karbohidrat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi proses pembekuan pasca-pemasakan dan penambahan filtrat sereh dalam merekayasa retrogradasi pati nasi untuk meningkatkan pembentukan pati resisten serta menurunkan pencernaan glikemik. Perlakuan penelitian meliputi penambahan filtrat sereh 5% sebagai substituen sebagian air pada proses pemasakan nasi, yang kemudian diikuti dengan pembekuan pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 24, 48, dan 72 jam. Analisis retrogradasi dilakukan melalui pengukuran absorbansi amilosa, sedangkan daya cerna pati diuji melalui hidrolisis secara *in vitro* dengan pengukuran glukosa menggunakan metode kolorimetri DNS. Analisis retrogradasi dilakukan melalui pengukuran absorbansi amilosa, sedangkan daya cerna diuji melalui hidrolisis pati secara *in vitro* melalui pengukuran glukosa secara kolorimetri menggunakan metode DNS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi fortifikasi filtrat sereh 5% dan pembekuan pasca-pemasakan mampu menurunkan pencernaan pati melalui pembentukan struktur retrogradasi. Nilai indeks

hidrolisis untuk semua sampel uji berada pada kisaran 2,79-4,60 %, dan prediksi IG (pIG) pada kisaran angka 41,24-42,25, yang termasuk dalam kategori rendah. Pola perubahan pencernaan ini menunjukkan kecenderungan meningkat pada pembekuan jam ke-24 dan ke-48 jam, kemudian menurun kembali pada 72 jam pembekuan. Profil pencernaan ini membentuk pola U-terbalik yang dapat disebabkan oleh dinamika retrogradasi selama penyimpanan beku.

Kata kunci: nasi fungsional, pati resisten, prediksi IG, hidrolisis, *in vitro*

## Pendahuluan

Indeks glikemik (IG) merupakan parameter penting yang menggambarkan kemampuan suatu bahan pangan dalam meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi, sehingga berperan dalam pengelolaan metabolisme glukosa dan pencegahan gangguan kesehatan seperti diabetes melitus (Bait et al., 2025). Secara umum, pangan diklasifikasikan menjadi tiga kategori IG, yaitu IG rendah (<55), IG sedang (55–69), dan IG tinggi ( $\geq 70$ ) (Sanskruthi et al., 2025). Beras sebagai bahan pangan pokok di Indonesia umumnya memiliki nilai IG relatif tinggi, dengan kisaran antara 41 hingga 139 tergantung varietas dan metode pengolahan (Kaye Foster-Powell et al., 2002). Tingginya nilai IG nasi putih disebabkan oleh dominasi pati yang mudah dicerna serta kemampuannya melepaskan glukosa secara cepat (Okechukwu, 2021).

Upaya penurunan IG nasi dapat dilakukan melalui peningkatan kandungan pati resisten. Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak tercerna di usus halus sehingga tidak langsung meningkatkan kadar glukosa darah, serta memiliki manfaat fisiologis dalam pengendalian metabolisme dan kesehatan usus (Patria & Prayitno, 2022). Pembentukan pati resisten tipe 3 (RS3) melalui proses retrogradasi akibat pendinginan pasca-pemasakan telah terbukti efektif meningkatkan kadar pati resisten. Sonia et al. (2015) menunjukkan bahwa pendinginan nasi pada suhu rendah selama 10–24 jam meningkatkan kadar pati resisten secara signifikan, sementara Chakraborty et al. (2023) melaporkan bahwa perlakuan pendinginan pada suhu 4°C selama 24 jam mampu menurunkan nilai IG nasi. Nguyen et al. (2023) juga menunjukkan bahwa variasi suhu pembekuan (–5 hingga –20°C) dan waktu penyimpanan (6–20 jam) memengaruhi pembentukan pati resisten secara signifikan.

Selain pendekatan fisik, penurunan IG juga dapat ditingkatkan melalui penambahan senyawa bioaktif, salah satunya sereh (*Cymbopogon citratus*). Sereh mengandung senyawa aktif seperti flavonoid, fenolik, dan sitral yang memiliki aktivitas antioksidan serta potensi antidiabetik melalui penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase dan  $\alpha$ -glukosidase. Serat pangan dari sereh juga memiliki potensi dalam menurunkan kadar glukosa darah melalui mekanisme penghambatan enzim pencernaan dan fermentasi di usus (Villalobos et al. 2021). Beberapa studi eksperimental melaporkan pemberian ekstrak sereh dengan dosis 100 mg/kg dan 300 mg/kg pada tikus yang diberi diet tinggi gula mampu menurunkan berat badan, kadar glukosa puasa, dan trigliserida, serta memperbaiki fungsi hati dan menekan respons inflamasi secara dosis-respons (Phouthone et al., 2026). Penambahan infusa daun salam dan daun sereh (perbandingan 1:1) terbukti mampu menurunkan nilai indeks glikemik nasi serta berkontribusi terhadap penurunan kadar glukosa darah, terutama pada rentang waktu 60 hingga 120 menit setelah konsumsi (Tawakal et al., 2024).

Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji kombinasi antara pembentukan pati resisten melalui retrogradasi dan fortifikasi senyawa bioaktif sereh pada nasi masih terbatas. Sebagian besar

penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu pendekatan, sehingga potensi sinergis kedua strategi tersebut belum banyak dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan nasi fungsional berindeks glikemik rendah melalui kombinasi proses retrogradasi dan penambahan filtrat sereh. Pendekatan ini diharapkan mampu menurunkan IG nasi secara lebih efektif melalui mekanisme ganda, yaitu peningkatan pati resisten dan penghambatan enzim pencernaan karbohidrat, sehingga berkontribusi dalam stabilisasi kadar glukosa darah dan pencegahan penyakit metabolik seperti diabetes tipe 2.

## **Bahan dan metode**

### ***Bahan dan alat***

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari : Beras yang dibeli dari pasar lokal Kendari, daun sereh, enzim  $\alpha$ -Amilase, buffer natrium fosfat, reagen DNS, glukosa pro analisis sebagai standar, kertas saring dan aquades. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari : (1) Alat pengolahan: rice cooker, loyang aluminium, pisau, kompor, panci. (2) Alat analisis : gelas beaker, hot plate, stirrer, pH meter, pipet ukur, sentrifuge, lemari pendingin, timbangan analitik, spektrofotometer UV-Vis.

### ***Metode penelitian***

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen terkontrol dengan pendekatan identifikasi dan karakterisasi. Fokus penelitian adalah mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada kandungan pati resisten dan prediksi IG nasi melalui pengolahan tertentu. Penelitian ini akan membandingkan nasi dengan perlakuan (fortifikasi dan pembekuan) dan nasi tanpa perlakuan sebagai kontrol. Analisis ini dilakukan dengan 3 kali ulangan. Pengujian yang akan dilakukan mencakup pengukuran pati resisten secara *in vitro* dan prediksi IG menggunakan metode hidrolisis pati secara *in vitro*.

### ***Pelaksanaan penelitian***

#### **a) Preparasi Sampel**

Bahan utama yang digunakan adalah beras lokal yang pulen dengan kandungan amilopektin relatif lebih tinggi daripada beras pera. Sumber senyawa bioaktif yang akan digunakan adalah daun sereh [AN2.1]dapur yang diketahui mengandung senyawa fenolik dan flavonoid yang berpotensi sebagai inhibitor enzim pencernaan karbohidrat (Nuryadin et al., 2018). Seluruh bahan diperoleh dari petani lokal di Kota Kendari, kemudian dibersihkan dan dicuci dengan air mengalir hingga bersih.

#### **b) Pembuatan Filtrat Sereh**

Filtrat sereh dibuat dengan metode ekstraksi sederhana berbasis air. Daun sereh segar dipotong kecil-kecil, kemudian ditimbang dan ditambahkan air dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran diblender selama  $\pm 2-3$  menit hingga homogen, kemudian disaring menggunakan kain saring untuk memperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh digunakan sebagai substituen air dalam proses pemasakan nasi dengan konsentrasi 5% (v/v). Tujuan fortifikasi untuk meningkatkan kandungan senyawa bioaktif (fenolik dan flavonoid) pada nasi, sehingga dapat menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dan memperlambat hidrolisis pati menjadi glukosa, yang pada akhirnya berkontribusi dalam penurunan nilai IG.

#### **c) Proses Penyiapan Nasi Fungsional**

Pengolahan beras menjadi nasi menggunakan metode modern yaitu pemasakan dengan menggunakan rice cooker (merk Vorte) dengan perbandingan 100 gram beras : air sebanyak 164 mL. Metode ini dimodifikasi dengan mensubstitusikan 20 % bagian air dengan filtrat daun sereh dapur

(5%). Setelah proses pemasakan selesai (indikator rice cooker mati), nasi didinginkan pada suhu ruang, kemudian dipindahkan ke freezer ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) dengan variasi waktu pembekuan selama 24, 48, dan 72 jam. Pemilihan durasi pembekuan tersebut didasarkan pada karakteristik kinetika retrogradasi pati yang berlangsung secara bertahap selama penyimpanan suhu rendah. Kemudian interval waktunya dipilih agar dapat merepresentasikan pembentukan pati resisten pada fase awal, menengah dan lanjut, yang diamati pada suhu konstan ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), sehingga pengaruh durasi pembekuan dapat diamati secara lebih terkontrol. Metode Penyiapan nasi fungsional ini diadaptasi dan dimodifikasi dari (Meutia, 2010; Purbowati & Kumalasari, 2023) dengan menggunakan perbandingan (beras : air) yang sama, juga dilakukan terhadap beras kontrol namun tanpa perlakuan. Kombinasi perlakuan ini dirancang untuk mengeksplorasi kemungkinan sinergi antara penghambatan enzimatis selama pencernaan dan peningkatan fraksi pati resisten dalam menurunkan laju hidrolisis pati menjadi glukosa.

#### d) Kadar Amilosa

Penentuan kadar amilosa pada pati nasi dilakukan dengan metode spektrofotometri iodine, dengan melibatkan ekstraksi amilosa menggunakan etanol, dan pembentukan kompleks warna biru keunguan dengan reagen iodine, yang dibaca serapannya pada panjang gelombang 620 nm, metode ini merujuk pada metode yang dilakukan oleh (Juliano, 1972).

#### e) Analisis Daya Cerna Pati secara *in vitro*

Daya cerna terhadap nasi fungsional dan kontrol diuji secara *in vitro* dengan simulasi pencernaan 1 tahap simulasi pencernaan dalam usus yakni menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase (1mg/mL) dalam buffer fosfat pH 7. Analisis daya cerna ini diadaptasi dan dimodifikasi dari metode yang digunakan oleh (Pangastuti & Permana, 2021). Nasi fungsional yang telah dibekukan sesuai waktu pembekuannya dipanaskan kembali (reheating) menggunakan microwave rice cooker lalu didinginkan kembali hingga suhu konsumsi ( $\pm 60-70^{\circ}\text{C}$ ) dan dibuat menjadi larutan pati nasi 1% (b/v). Laju pencernaan pati diamati pada waktu hidrolisis yang berbeda 0, 30, 60, 90, dan 120 menit (Goñi et al., 1997) sehingga dapat diperoleh nilai AUC (Area Under the Curve). Hidrolisis pati nasi dihentikan dengan reagen DNS dan pemanasan dalam air mendidih selama 10 menit, kemudian dilakukan pembacaan absorbansi glukosa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Kadar glukosa ditetapkan menggunakan kurva kalibrasi glukosa standar.

#### f) Prediksi Indeks Glikemik (pIG)

Prediksi indeks glikemik (pIG) ditentukan menggunakan data yang telah diperoleh dari hasil analisis daya cerna per 30 menit yang dilakukan sebelumnya. Dalam prediksi ini menggunakan data hidrolisis pati-nasi fungsional (kadar glukosa). Area bawah kurva (Area Under the Curve, AUC) dari kurva pencernaan pati ditentukan menggunakan metode trapezoid, sebagaimana yang digunakan dalam analisis daya cerna secara *in vitro* yang dilakukan Goni et al (1997).

$$AUC = \sum_{i=0}^{n-1} \left[ \frac{G_i + G_{i+1}}{2} \times t_{i+1} - t_1 \right]$$

Nilai IG sampel nasi fungsional dapat ditentukan dengan membandingkan nilai AUC glukosa pangan uji, dengan nilai AUC pati standar yang digunakan sebagai kontrol.

$$\text{Hidrolisis Index (HI)} = \frac{\text{AUC Pangan Uji}}{\text{AUC Kontrol}} \times 100$$

Prediksi IG (pIG) ditentukan dengan formulasi yang dituliskan oleh (Goñi et al., 1997).

$$pIG = 39,71 + 0,0549 \times HI$$

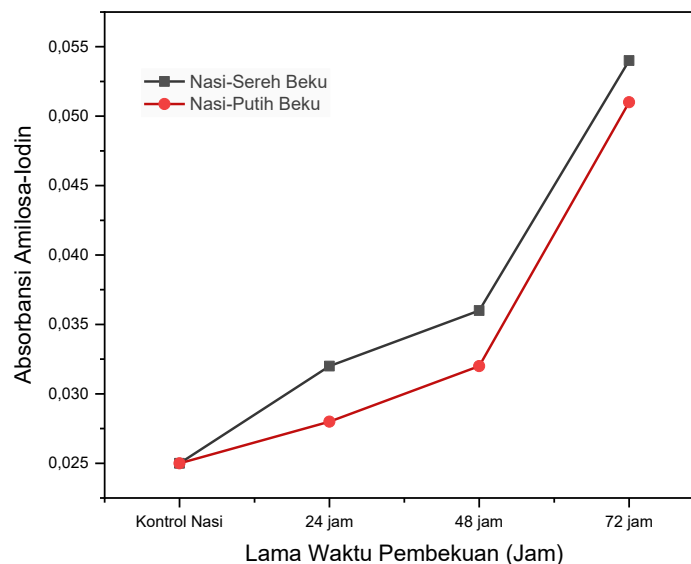
### g) Analisis Data

Keseluruhan data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik, dan analisis secara deskriptif. Pengulangan eksperimen dilakukan dengan 3 kali ulangan untuk setiap perlakuan dan kontrol, guna memastikan konsistensi hasil dan validitas data.

## Hasil dan pembahasan

### a) Amilosa Pati Nasi Fungsional

Pengukuran absorbansi kompleks amilosa-iodin dilakukan pada panjang gelombang 640 nm. Nilai serapan ini digunakan sebagai pendekatan tidak langsung untuk menduga kadar amilosa yang terkandung dalam sampel nasi fungsional. Metode ini didasarkan pada kemampuan amilosa membentuk kompleks heliks dengan molekul iodine yang menghasilkan warna biru. Sehingga, intensitas warna yang terbaca sebagai absorbansi pada spektrofotometri berbanding lurus dengan kandungan amilosa dalam sampel (Zhue et al., 2021). Nilai absorbansi kompleks amilosa-iodin ditunjukkan pada **Gambar 1**. Berdasarkan grafik terlihat bahwa lama waktu pembekuan menunjukkan tren kenaikan serapan pada sampel uji.



**Gambar 1.** Grafik nilai Absorbansi kompleks Amilosa-Iodin pada  $\lambda=640$  nm

Analisis amilosa diadaptasi dari metode Juliano menghasilkan nilai absorbansi kompleks amilose-iodium yang berkisar antara 0,025 hingga 0,054 pada seluruh sampel nasi fungsional. Amilosa berperan penting dalam pembentukan pati resisten melalui mekanisme retrogradasi, karena strukturnya yang linier memungkinkan rekristalisasi lebih cepat dan membentuk struktur kristalin yang lebih stabil dibandingkan amilopektin (Nguyen et al., 2023). Meskipun metode ini tidak memberikan kuantifikasi absolut kadar amilosa, nilai absorbansi tetap dapat digunakan sebagai

indikator kecenderungan retrogradasi pati. Amilosa yang bersifat linier mampu mengalami reasosiasi setelah siklus pemanasan–pendinginan, terutama pada suhu rendah, sehingga membentuk struktur kristalin yang stabil dan tahan terhadap hidrolisis. Proses ini dikenal sebagai pembentukan pati resisten tipe 3 (RS3) (Zavareze & Dias, 2011).

Peningkatan nilai absorbansi pada perlakuan pembekuan 72 jam (0,054 di NSB.72 dan 0,051 di NPB.72) menunjukkan bahwa durasi pembekuan yang lebih lama mendorong proses retrogradasi amilosa secara lebih optimal. Kondisi ini menghasilkan struktur kristalin yang lebih kompak dan resisten terhadap hidrolisis enzimatis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nguyen et al., (2023), bahwa penyimpanan suhu rendah dalam waktu lebih lama meningkatkan pembentukan pati resisten. Tian et al. (2021) juga melaporkan hasil serupa bahwa terjadi peningkatan kandungan pati resisten pada mie tepung gandum yang disimpan pada suhu hingga  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Korelasi ini diperkuat oleh data yang menunjukkan bahwa sampel dengan absorbansi lebih tinggi memiliki nilai AUC dan Hydrolysis Index (HI) yang lebih rendah, yang berkontribusi pada penurunan prediksi indeks glikemik (pIG). Mengingat bahwa IG dipengaruhi oleh laju pembebasan glukosa selama proses hidrolisis pati, kehadiran RS3 yang signifikan menghambat hidrolisis, sehingga melemahkan respons glukosa in vitro (Wolever et al., 2006). Dengan demikian, pembekuan selama 72 jam terbukti paling efektif dalam meningkatkan pembentukan pati resisten dan menurunkan potensi IG nasi fungsional.

#### b) Daya Cerna Pati secara *In Vitro*

Analisis daya cerna secara in vitro dilakukan dengan mengalisis kemampuan hidrolisis enzim pencerna karbohidrat ( $\alpha$ -amilase) pada nasi fungsional terfortifikasi filtrat sereh 5% dengan perlakuan pembekuan selama 24, 48 dan 72 jam dapat di lihat pada **Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6**. Hasilnya ditunjukkan sebagai berikut.

**Tabel 1.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NSB.24

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,044	0,063	0,252	1,133	–			
30	0,127	0,126	0,506	2,277	11,366	79,874	2,79	41,24
60	0,184	0,170	0,681	3,062	17,798			
90	0,269	0,235	0,941	4,234	24,322			
120	0,229	0,205	0,818	3,683	26,389			

Keterangan: NSB.24 = Nasi-Sereh Beku 24 jam, AUC (*Area Under Curve*) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL

**Tabel 2.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NPB.24

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,037	0,058	0,230	1,036	–			
30	0,13	0,129	0,515	2,318	11,181	108,074	3,8	41,79
60	0,267	0,234	0,935	4,206	21,747			
90	0,388	0,326	1,305	5,874	33,599			
120	0,44	0,366	1,465	6,590	41,547			

Keterangan: NPB.24 = Nasi-Putih Beku 24 jam, AUC (Area Under Curve) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL.

**Tabel 3.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NSB.48

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,073	0,085	0,341	1,533	–			
30	0,297	0,257	1,027	4,620	20,508	132,386	4,6	42,25
60	0,387	0,326	1,302	5,860	34,934			
90	0,406	0,340	1,360	6,122	39,942			
120	0,323	0,277	1,106	4,978	37,002			

Keterangan: NSB.48 = Nasi-Sereh Beku 48 jam, AUC (Area Under Curve) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL

**Tabel 4.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NPB.48

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,079	0,090	0,359	1,615	–			
30	0,355	0,301	1,204	5,419	23,449	128,894	4,51	42,19
60	0,392	0,329	1,318	5,929	37,828			
90	0,318	0,273	1,091	4,909	36,129			
120	0,291	0,252	1,008	4,537	31,489			

Keterangan: NPB.48 = Nasi-Putih Beku 48 jam, AUC (Area Under Curve) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL

**Tabel 5.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NSB.72

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,046	0,064	0,258	1,160	–			
30	0,158	0,150	0,601	2,704	12,882	90,074	3,15	41,44
60	0,203	0,185	0,739	3,324	20,095			
90	0,267	0,234	0,935	4,206	25,103			
120	0,353	0,300	1,198	5,392	31,994			

Keterangan: NSB.72 = Nasi-Sereh Beku 72 jam, AUC (Area Under Curve) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL

**Tabel 6.** Data Analisis Daya Cerna dan Prediksi nilai IG pada sampel NPB.72

Waktu (menit)	Absorbansi	[Glukosa] (mg/mL)	Glukosa Total (mg)*	% Hidrolisis	AUC Segmen	AUC Total	HI	pGI
0	0,07	0,083	0,331	1,491	–			
30	0,169	0,159	0,635	2,856	14,490	90,946	3,18	41,46
60	0,218	0,196	0,785	3,531	21,289			
90	0,225	0,202	0,806	3,628	23,862			
120	0,38	0,320	1,281	5,764	31,305			

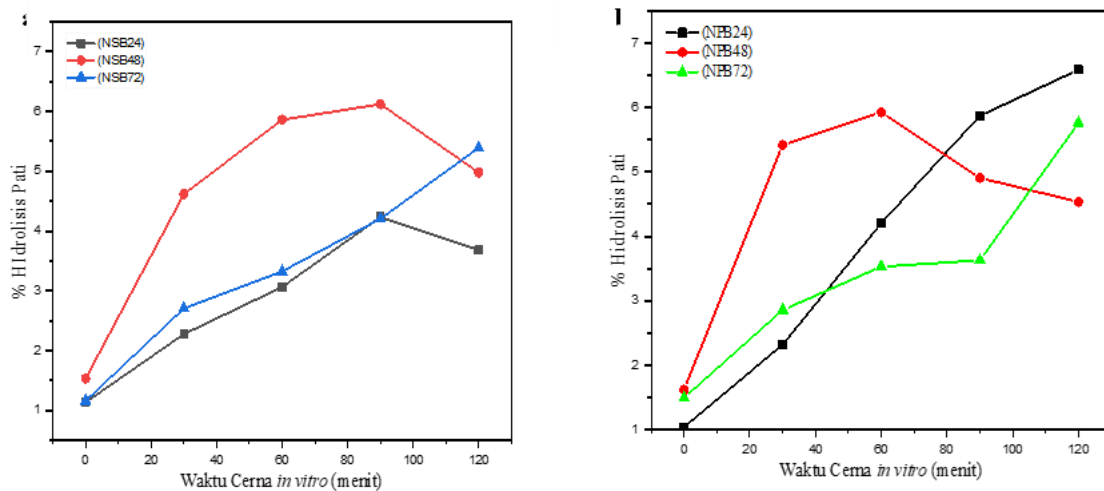
Keterangan: NPB.72 = Nasi-Putih Beku 72 jam, AUC (Area Under Curve) = Area Bawah Kurva, HI = Hidrolisis Index, pGI = prediksi IG

\*) kadar total glukosa dalam satuan mg, dari larutan 1% nasi per 100 mL

Hasil analisis daya cerna in vitro menunjukkan bahwa seluruh sampel nasi, baik dengan maupun tanpa penambahan filtrat sereh, memiliki nilai hidrolisis yang relatif rendah sehingga menghasilkan AUC yang kecil pada semua waktu pembekuan. Pada perlakuan 24 jam, nilai AUC berada pada rentang 79,87–108,07; meningkat pada 48 jam (128,88–132,38), dan kembali menurun pada 72 jam (90,07–90,94). Pola yang sama terlihat pada nilai Hydrolysis Index (HI), yaitu 2,80% pada 24 jam, meningkat pada 48 jam (4,51–4,63%), lalu kembali turun menjadi sekitar 3,15–3,18% pada 72 jam. Berdasarkan nilai HI tersebut, prediksi IG (pGI) seluruh sampel berada pada kisaran 41–42, yang termasuk kategori rendah, dengan variasi kecil antar perlakuan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa proses pembekuan memengaruhi variasi daya cerna pati, dan seluruh sampel tetap menghasilkan pGI rendah.

Uji kecernaan pati in vitro menunjukkan bahwa pembekuan 24–72 jam memengaruhi dinamika hidrolisis pati. Pada pembekuan 24 jam, nilai AUC yang relatif rendah (79,87–108,07) mengindikasikan awal retrogradasi amilosa, dengan struktur yang belum sepenuhnya kompak sehingga sebagian pati masih dapat dihidrolisis. Pada 48 jam, AUC meningkat (128,88–132,38) seiring kenaikan indeks hidrolisis (~4,5%), mencerminkan fase reorganisasi struktur pati yang sementara meningkatkan aksesibilitas enzim, sebagaimana dilaporkan oleh Ottenhof dan Farhat, (2004) Sedangkan ketika pembekuan 72 jam, AUC kembali turun (~90) dan indeks hidrolisis mencapai nilai terendah (3,15–3,18%), menunjukkan terbentuknya pati resisten tipe RS3 yang lebih stabil dan sulit dihidrolisis, didominasi oleh kristal heliks ganda amilosa Zhang dan Hamaker, (2009).

Secara keseluruhan, perubahan AUC membentuk pola U terbalik, menegaskan bahwa retrogradasi pati merupakan proses dinamis, ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Profil pencernaan pati nasi. (a) pencernaan pati nasi fungsional (nasi-sereh) dengan variasi waktu pembekuan 24, 48, dan 72 jam; (b) pencernaan pati nasi putih tanpa perlakuan sereh dengan variasi waktu pembekuan 24, 48, dan 72 jam.

Nilai prediksi IG (pGI) yang relatif konsisten dalam kisaran 41–42 pada seluruh perlakuan menunjukkan bahwa nasi beku berpotensi sebagai pangan ber-IG rendah. Penambahan filtrat sereh pada penelitian ini belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai prediksi IG (pGI), sehingga penurunan pencernaan pati lebih didominasi oleh proses retrogradasi pati selama pembekuan pasca gelatinisasi. Pembentukan resistant starch tipe RS3 melalui retrogradasi meningkatkan resistensi terhadap hidrolisis enzimatik dan berkontribusi terhadap penurunan laju pencernaan pati. Profil pencernaan pati pada Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan pola hidrolisis antara nasi-sereh beku (NSB) dan nasi-putih beku (NPB) pada setiap interval waktu 30 hingga 120 menit. Pada kedua jenis sampel, hidrolisis meningkat seiring waktu, namun dengan kecenderungan yang berbeda. NSB menunjukkan peningkatan yang lebih bertahap dari 24 hingga 72 jam, sedangkan NPB mengalami kenaikan yang lebih tajam, terutama pada 48 dan 72 jam. Secara keseluruhan, kurva NPB berada di atas NSB pada semua durasi pembekuan, yang menunjukkan bahwa pencernaan pati pada nasi tanpa sereh lebih tinggi dibandingkan nasi dengan penambahan sereh.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa proses pembekuan pasca-pemasakan efektif meningkatkan pembentukan pati resisten melalui mekanisme retrogradasi, yang berdampak pada penurunan pencernaan pati dan nilai prediksi indeks glikemik (pIG) nasi. Seluruh perlakuan menghasilkan pIG dalam kategori rendah (41–42), dengan perlakuan pembekuan 72 jam menunjukkan kecenderungan paling optimal dalam menekan pencernaan pati. Penambahan filtrat sereh 5% belum memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai pIG, namun cenderung menurunkan laju hidrolisis pati dibandingkan kontrol. Secara keseluruhan, kombinasi pembekuan dan fortifikasi sereh berpotensi dikembangkan sebagai pendekatan dalam menghasilkan nasi fungsional berindeks glikemik rendah untuk mendukung pencegahan gangguan metabolik.

## Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Universitas Halu Oleo (UHO) melalui hibah penelitian dosen pemula dari Dana DIPA UHO 2025 [nomor hibah SP DIPA-139.03.2.693377/2025].

## Daftar pustaka

- Bait, Y., Marseno, D. W., Santoso, U., & Marsono, Y. (2025). In vitro starch digestibility and estimated glycemic index of functional rice with cherry (*Muntingia calabura*) leaves extract. *Food Research*, 9(2), 164–171. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.9\(2\).031](https://doi.org/10.26656/fr.2017.9(2).031)
- Foster-Powell, K., Holt, S. H. A., & Brand-Miller, J. C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 5–56
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). A Starch Hydrolysis Procedure to Estimate Glycemic Index. *Nutrition Research*, 17(3), 427–437.
- Juliano, B. O. (1972). The rice caryopsis and its composition. In *Rice: Chemistry and Technology* (pp. 16–74). <https://www.researchgate.net/publication/275922614>
- Meutia, Y. R. (2010). Pati resisten: struktur, preparasi, dan efek fisiologisnya. *WARTA IHP/Journal of Agro-Based Industry*, 27(1), 72–84.
- Nguyen, T. P., Rumpagaporn, P., & Songsermpong, S. (2023). Investigation of freezing temperature and time to improve resistant starch content and quality of pure mung bean starch vermicelli. *Australian Journal of Crop Science*, 17(9), 693–698. <https://doi.org/10.21475/ajcs.23.17.09.p3925>
- Nuryadin, Y., Naid, T., Amaliah Dahlia, A., & Seniwati Dali, K. (2018). Kadar flavonoid total ekstrak etanol daun serai dapur dan daun alang-alang menggunakan spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Kesehatan*, 1(4), 337–345.
- Okechukwu, C. (2021). Does higher consumption of white rice increase the risk of type 2 diabetes? *International Journal of Health & Allied Sciences*, 10(2), 175. [https://doi.org/10.4103/ijhas.ijhas\\_245\\_20](https://doi.org/10.4103/ijhas.ijhas_245_20)
- Ottenhof, M. A., & Farhat, I. A. (2004). Starch retrogradation. In *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 21 (1), 215–228. <https://doi.org/10.1080/02648725.2004.10648056>
- Pangastuti, H. A., & Permana, L. (2021). Pengukuran pati resisten tipe 5 secara in vitro pada nasi uduk. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 6(2), 42–48.
- Patria, D. G., & Prayitno, S. A. (2022). *Pangan Fungsional dan Manfaatnya untuk Kesehatan* (A. Kurniawan, Ed.). UMG Press.
- Phouthone, S., Sengdala, K., Vilayvong, B., & Thammavong, S. (2026). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) extract improves glucose and lipid metabolism and reduces inflammation in high-sugar diet-induced mice. *Innovative Medical and Biological Sciences Journal*, 1(1), 31-37. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19382565>
- Purbowati, & Kumalasari, I. (2023). Indeks glikemik nasi putih dengan beberapa cara pengolahan. *Amerta Nutrition*, 7 (2), 224–229.
- Sanskruthi, N., Singh, N., Mishra, A.R.K. & Kumari, P. (2025). “A comprehensive review on the role of glycemic index in diabetes management: classification, benefits and limitations”. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 26 (5):62-72.

- Sonia, S., Witjaksono, F., & Ridwan, R. (2015). Effect of cooling of cooked white rice on resistant starch content and glycemic response. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 24(4), 620–625. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.4.13>
- Tawakal, J. I., Gama, S. I., & Prasetya, F.(2024). Kajian indeks glikemik nasi kombinasi daun salam (*Syzygium polyanthum*) dan sereh dapur (*Cymbopogon citratus* DC).*Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 10(1), 32-36.<https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i1.471>
- Tian, Y., Li, M., Liu, X., Jane, J.L., Guo, B. dan Dhital, S. (2021). Storage temperature and time affect the enzyme resistance starch and glycemic response of cooked noodles. *Food Chemistry*, 344, 128702. <https://doi.org/10.1016>
- Villalobos, M. C., Nicolas, M. G. & Trinidad, T. P. (2021). Antihyperglycemic and cholesterol-lowering potential of dietary fibre from lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.). *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 14(4), 453-467. doi:10.3233/MNM-210568
- Wolever, T. M., Yang, M., Zeng, X. Y., Atkinson, F., & Brand-Miller, J. C. (2006). Food glycemic index, as given in Glycemic Index tables, is a significant determinant of glycemic responses elicited by composite breakfast meals 1-3. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1306–1312.
- Yu, S., Ma, Y., & Sun, D.W. (2010). Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. *Carbohydrate Polymers*
- Zavareze, E. D. R., & Dias, A. R. G. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. In *Carbohydrate Polymers*, 83 (2), 317-328<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>
- Zhang, G., & Hamaker, B. R. (2009). Slowly Digestible Starch: Concept, Mechanism, and Proposed Extended Glycemic Index. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10), 852–867. <https://doi.org/10.1080/10408390903372466>.