

Pengaruh Variasi Lama Waktu Perebusan terhadap Karakteristik Fisikokimia Tepung Kluwih Termodifikasi dengan Metode Perebusan-Pendinginan

Lukman Azis^{1*}, Azzahra Putri Diandra¹, Lumina Astrid Utami², Hamidatun³

¹Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia, Jl. Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, 12110.

²Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Mada, Jl. Flora Bulaksumur, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281.

³Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan dan Kesehatan, Universitas Sahid, Jl. Prof. Dr. Soepomo No. 84, Tebet, Jakarta Selatan, 12870.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: lukman.azis@uai.ac.id

Abstract – Kluwih (*Artocarpus camansi*) is an underutilized starch-rich crop with promising potential for development as a functional food ingredient through starch modification. This study aimed to analyse the physicochemical properties of modified kluwih flour produced via a boiling–cooling process. A completely randomized design (CRD) with a single factor namely boiling time (0, 5, 10, and 15 min) was applied, followed by cooling and drying. The evaluated parameters included proximate composition (moisture, ash, fat, protein, and carbohydrate by difference), amylose and amylopectin contents, resistant starch, and color characteristics (L, a*, b*). Boiling time significantly influenced most physicochemical attributes ($p < 0.05$). Prolonged boiling increased moisture, carbohydrate, and resistant starch contents, while decreasing fat, protein, ash, and amylose levels. The highest resistant starch content (16.74 g/100 g) was achieved at 15 min of boiling. These changes are attributed to starch gelatinization during heating and subsequent retrogradation upon cooling. Furthermore, boiling duration significantly affected flour brightness. In conclusion, the boiling–cooling method effectively modified the physicochemical characteristics of kluwih flour. A 15-min boiling treatment optimized resistant starch formation, highlighting its potential for functional food applications.

Abstrak – Kluwih (*Artocarpus camansi*) merupakan sumber pangan kaya pati yang masih kurang dimanfaatkan, namun memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional melalui modifikasi pati. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisikokimia tepung kluwih termodifikasi yang dihasilkan melalui proses pemanasan–pendinginan. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu lama waktu perebusan (0, 5, 10, dan 15 menit), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan dan pengeringan. Parameter yang dianalisis meliputi komposisi proksimat, kadar amilosa dan amilopektin, pati resisten, serta karakteristik warna (L, a*, b*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu perebusan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap sebagian besar parameter fisikokimia. Peningkatan waktu perebusan menyebabkan kenaikan kadar air, karbohidrat, dan pati resisten, serta penurunan kadar lemak, protein, abu dan amilosa. Kadar pati resisten tertinggi (16,74 g/100 g) diperoleh pada perlakuan perebusan selama 15 menit. Perubahan tersebut diduga terjadi akibat proses gelatinisasi pati selama pemanasan yang diikuti oleh retrogradasi selama pendinginan. Selain itu, lama waktu perebusan juga berpengaruh nyata terhadap tingkat kecerahan tepung. Dapat disimpulkan bahwa metode pemanasan–pendinginan efektif dalam memodifikasi sifat fisikokimia tepung kluwih. Perlakuan perebusan selama 15 menit merupakan kondisi optimal untuk meningkatkan pembentukan pati resisten, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional.

Keywords - Boiling–Cooling, Kluwih, Modified Flour, Proximate Composition, Resistant Starch.

PENDAHULUAN

Kluwih (*Artocarpus camansi*) merupakan buah lokal non musiman yang tumbuh luas di Indonesia dengan tingkat produktivitas yang relatif tinggi. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi kluwih meningkat secara konsisten dari 775.480 ton pada tahun 2018 menjadi 813.756 ton pada tahun 2022 [1]. Kluwih segar mengandung air 86,2%, abu 1,47%, lemak 1,06%, protein 1,29%, serat kasar 2,13% dan karbohidrat 7,31% [2]. Meskipun produksinya melimpah, pemanfaatan kluwih masih terbatas sebagai bahan pangan tradisional, seperti bronkos [3], sehingga nilai tambah dan nilai ekonominya relatif rendah. Kandungan karbohidrat yang cukup signifikan menunjukkan bahwa kluwih berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku pangan fungsional melalui modifikasi pati untuk menghasilkan pati resisten. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik, kimia, maupun enzimatik untuk meningkatkan sifat fungsional dan aplikatifnya dalam produk pangan [4].

Metode modifikasi secara fisik diketahui mampu mengubah struktur dan karakteristik granula pati sehingga memengaruhi sifat fisikokimia dan fungsionalnya [5]. Beberapa teknik fisik yang umum digunakan meliputi autoklaf, ekstrusi, iradiasi dan perebusan yang relatif lebih aman, sederhana dan ekonomis dibandingkan metode kimia maupun enzimatik [6]. Diantara metode tersebut, perebusan merupakan teknik paling sederhana dan mudah diaplikasikan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perlakuan panas basah yang diikuti pendinginan efektif dalam meningkatkan kadar pati resisten pada berbagai sumber pati. Muchlisyyah et al. melaporkan bahwa perebusan umbi *Coleus tuberosus* yang dilanjutkan pendinginan meningkatkan kadar pati resisten hingga 8,26% [7], sedangkan Rosida dan Dedin menunjukkan bahwa kombinasi perebusan dan pendinginan pada pisang tanduk menghasilkan pati resisten sebesar 11,44% [8], lebih tinggi dibandingkan metode pengukusan maupun pemanggangan-pendinginan.

Secara teknis, perebusan pati umumnya dilakukan dengan perbandingan bahan dan air 1:1 pada suhu 80–100°C hingga melampaui suhu gelatinisasi. Lama waktu pemanasan merupakan faktor penting yang memengaruhi perubahan sifat fisikokimia pati. Putra et al. melaporkan bahwa variasi waktu perebusan 10, 15, dan 20 menit pada tepung talas Belitung menghasilkan karakteristik pati yang berbeda [9], sedangkan Muchlisyyah et al.

menunjukkan bahwa durasi pemanasan memengaruhi kadar amilosa tepung beras ketan merah [10]. Perlakuan panas tersebut dapat menyebabkan terjadinya pregelatinisasi pati yang berdampak pada perubahan sifat fungsionalnya [11]. Pregelatinisasi yang dikombinasikan dengan proses pendinginan diketahui mampu meningkatkan pembentukan pati resisten tipe-3 [12], bahkan dilaporkan meningkatkan kadar pati resisten hingga empat kali lipat pada tepung malanga serta meningkatkan kandungan pati resisten pada tepung komposit singkong dibandingkan tanpa perlakuan [13-14].

Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak tercerna di usus halus dan memberikan manfaat fisiologis bagi kesehatan. Konsumsi pati resisten dilaporkan berpotensi menurunkan kadar glukosa darah, memperbaiki profil lipid, serta berperan dalam pencegahan kanker kolon [15]. Hidayat et al. menunjukkan bahwa konsumsi makanan ringan yang mengandung pati resisten dapat menurunkan kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus tipe 2 [16], sedangkan Lee dan Lee melaporkan penurunan kolesterol total, LDL dan trigliserida serta peningkatan HDL setelah konsumsi pati resisten [17]. Berdasarkan potensi produksi dan kandungan karbohidratnya, kluwih berpotensi dikembangkan sebagai sumber pati resisten melalui teknik perebusan-pendinginan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik (warna; L, a* dan b) dan kimia (kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat dan pati resisten) tepung kluwih termodifikasi menggunakan metode perebusan-pendinginan sebagai upaya peningkatan nilai fungsional khususnya kadar pati resisten.

METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada periode April hingga Agustus 2023. Seluruh tahapan pengolahan sampel dan analisis dilakukan di Laboratorium Kulineri serta Laboratorium Kimia/Biokimia Pangan Universitas Al-Azhar Indonesia, sedangkan analisis kandungan pati resisten dilakukan di Laboratorium Terpadu Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan tepung kluwih termodifikasi meliputi Universal Drying Oven LDO-060E (Daihan Labtech Co., Korea), chest freezer (GEA Gatra type 208, Cina), miller

(Fomac FGD-Z300, Indonesia) dan ayakan 60 mesh (ABM, Indonesia). Adapun peralatan untuk pengujian karakteristik tepung meliputi timbangan analitik (Ohaus PA214C, Amerika Serikat), tabung reaksi bertutup (Iwaki, Jepang), vortex mixer (DLab MX-S 2500 rpm, Amerika Serikat), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Scientific, Amerika Serikat), serta chromameter ColorFlex EZ (Hunterlab, Amerika Serikat).

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah buah kluwih segar yang diperoleh dari Pasar Blok A, Jakarta Selatan, Indonesia. Bahan kimia untuk analisis meliputi akuades (ROFA Laboratorium Centre, Indonesia), larutan iodine 0,1 N (ROFA Laboratorium Centre, Indonesia), etanol 95%, NaOH (Pudak Scientific, Indonesia), CH₃COOH 1 N (Merck, Jerman) dan standar amilosa (Sigma-Aldrich, Amerika Serikat). Seluruh bahan kimia yang digunakan dalam analisis memiliki tingkat kemurnian pro-analysis (p.a.). Tahapan Penelitian dijelaskan sebagai berikut.

Modifikasi Tepung Kluwih

Proses modifikasi tepung kluwih mengacu pada penelitian Diandra et al. [18]. diawali dengan pengupasan buah kluwih segar yang masih muda, kemudian dilakukan pencucian dan pemisahan antara daging buah dan biji. Daging buah selanjutnya diiris tipis dengan ketebalan ±2 mm untuk memperoleh ukuran yang seragam. Irisan kluwih kemudian diberi perlakuan perebusan dengan variasi waktu 0, 5, 10, dan 15 menit. Setelah perebusan, daging buah kluwih yang melumat kemudian ditiriskan dan disimpan pada suhu -24°C selama 24 jam. Selanjutnya, sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 6 jam hingga mencapai kondisi kering. Daging buah kering kemudian dihaluskan menggunakan miller dan diayak dengan ayakan berukuran 60 mesh untuk memperoleh tepung dengan ukuran partikel yang seragam. Tepung kluwih termodifikasi kemudian disimpan dalam plastik ziplock dan diberikan silica gel pack untuk menjaga kadar air tepung sampai waktu analisis karakteristik fisikokimia.

Pengujian Proksimat

Kadar Air

Penetapan Kadar Air (Ka) dilakukan dengan metode gravimetri [19]. Cawan porselen beserta tutupnya terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh bobot konstan (W₀). Sebanyak 2 gram sampel dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui

beratnya (W₁), kemudian dikeringkan kembali pada suhu 105°C selama 30 menit. Setelah pengeringan, cawan didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Proses pengeringan, pendinginan dan penimbangan diulangi hingga diperoleh bobot konstan (W₂). Kadar air dihitung menggunakan rumus (1).

$$\%Ka = (W_1 - (W_2 - W_0)) / (W_2 - W_0) \times 100\% \quad (1)$$

Kadar Protein

Penetapan kadar protein dilakukan menggunakan Metode Kjeldahl yang terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu destruksi, destilasi dan titrasi [20]. Tahap destruksi metode Kjeldahl dimulai dengan memasukkan 500 mg sampel ke dalam labu Kjeldahl dan ditambahkan batu didih untuk mencegah terjadinya *bumping* selama pemanasan. Selanjutnya, ditambahkan campuran katalis yang terdiri atas 3,5 g K₂SO₄ dan 0,5 g CuSO₄·5H₂O, kemudian 10 mL H₂SO₄ pekat dimasukkan dalam labu. Proses destruksi dilakukan di dalam lemari asam menggunakan heating mantle hingga seluruh bahan organik terurai sempurna yang ditandai dengan larutan menjadi jernih berwarna hijau toska dan tidak lagi menghasilkan asap. Setelah proses selesai, larutan didinginkan pada suhu ruang dan diencerkan dengan penambahan 100 mL akuades sebelum dilanjutkan ke tahap destilasi.

Selanjutnya, tahap destilasi menggunakan labu alas bulat yang berisi 10 mL larutan hasil destruksi yang telah diencerkan kemudian ditambahkan dengan 20 mL larutan NaOH 30%. Pada sisi penampung, disiapkan Erlenmeyer yang berisi 10 mL larutan asam borat 4% dengan penambahan 2 tetes indikator metil orange 1% dan 1 tetes indikator metil biru 1%. Perangkat destilasi kemudian dirangkai dan proses destilasi dilakukan hingga seluruh cairan di dalam labu alas bulat habis. Hasil destilasi dititrasi dengan HCl 0,01 N sampai berubah warna menjadi warna ungu. Perhitungan kadar nitrogen dapat menggunakan rumus (2).

$$\%N = ((\text{mL HCl sampel} - \text{mL HCl blanko}) \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times \text{FP}) / \text{Berat sampel} \times 100\% \quad (2)$$

Sedangkan untuk menghitung kadar protein dapat menggunakan rumus (3)

$$\%Kadar \text{ protein} = \%N \times \text{faktor konversi} \quad (3)$$

Kadar Lemak

Penetapan kadar lemak dilakukan dengan metode soxhletasi [19]. Labu alas bulat yang telah

dibersihkan terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh bobot tetap (A). Sebanyak 2 gram sampel tepung kluwih termodifikasi (B) ditimbang dan dimasukkan ke dalam selongsong (thimble) yang terbuat dari kertas saring dan kapas. Sebanyak 250 mL n-heksana dimasukkan ke dalam labu alas bulat sebagai pelarut, kemudian ekstraksi dilakukan selama 5–6 siklus. Setelah proses ekstraksi selesai, pelarut yang mengandung lemak diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 70°C hingga tersisa ekstrak lemak. Labu kemudian dipanaskan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga bobot konstan (C). Kadar lemak dihitung menggunakan rumus (4).

$$\% \text{Kadar lemak} = ((C-A)/B) \times 100\% \quad (4)$$

Kadar Abu

Penetapan kadar abu dilakukan dengan metode pengabuan kering [21]. Kruas porselen beserta tutupnya terlebih dahulu dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh bobot tetap (W_0). Sebanyak 3 gram sampel tepung kluwih termodifikasi dimasukkan ke dalam kruas (W_2), kemudian dipanaskan di atas kompor hingga sampel menjadi arang. Selanjutnya, proses pengabuan dilakukan dalam tanur pada suhu 550°C selama ± 5 jam hingga diperoleh residu berwarna putih atau keabuan yang menandakan seluruh bahan organik telah teroksidasi. Kruas kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali. Proses pengabuan diulangi hingga diperoleh bobot konstan (W_3). Kadar abu dihitung dengan rumus (5).

$$\% \text{Kadar abu} = ((W_3 - W_0)/(W_2 - W_0)) \times 100\% \quad (5)$$

Perhitungan Karbohidrat

Kadar karbohidrat dihitung menggunakan Metode *by difference* dengan perhitungan (6) [22].

$$\% \text{Kadar karbohidrat} = 100\% - (\% \text{kadar air} + \% \text{kadar abu} + \% \text{kadar lemak} + \% \text{kadar protein}) \quad (6)$$

Pengujian Amilosa dan Amilopektin

Penentuan kadar amilosa dilakukan menggunakan Metode Spektrofotometri [23]. Larutan standar amilosa disiapkan dari larutan stok berkonsentrasi 0,4 mg/mL, kemudian diencerkan menjadi beberapa konsentrasi, yaitu 0,008; 0,016; 0,024; 0,032; dan 0,040 mg/mL untuk memperoleh kurva standar. Larutan standar dan sampel direaksikan dengan

larutan iodin, kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 620 nm dengan blanko sebagai pembanding. Nilai absorbansi sampel selanjutnya diplotkan pada kurva standar untuk menentukan kadar amilosa. Kadar amilopektin dihitung secara tidak langsung berdasarkan selisih antara kadar pati total (100%) dan kadar amilosa menggunakan persamaan (7).

$$\% \text{Kadar amilopektin} = 100\% - \% \text{kadar amilosa} \quad (7)$$

Pengujian Pati Resisten

Sebanyak 25 mg sampel dimasukkan ke dalam tabung sentrifus, kemudian ditambahkan 2,5 mL buffer KCl-HCl pH 1,5 dan 50 μ L larutan pepsin (0,1 g/mL buffer KCl-HCl), lalu dihomogenkan menggunakan vortex. Campuran diinkubasi dalam penangas air pada suhu 40°C selama 60 menit dengan pengocokan konstan, kemudian didinginkan hingga suhu ruang. Selanjutnya, ditambahkan 2,25 mL buffer natrium sitrat 0,05 M pH 4,5 dan 250 μ L larutan α -amilase (40 mg/mL buffer natrium sitrat), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 16 jam. Setelah inkubasi, sampel disentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 menit, supernatan dibuang, dan residu dicuci dengan 10 mL akuades, serta disentrifugasi kembali. Residu kemudian ditambahkan 3 mL akuades dan 0,75 mL KOH 4 M, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Setelah itu, ditambahkan 1,375 mL HCl 2 M dan 0,75 mL buffer natrium asetat 0,4 M pH 4,75 serta 20 μ L amiloglukosidase, kemudian diinkubasi pada suhu 60°C selama 45 menit. Sampel kembali disentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 menit dan supernatan dikumpulkan dalam labu takar 25 mL. Residu dicuci kembali dengan 10 mL akuades, disentrifugasi dan supernatan digabungkan. Penetapan kadar glukosa dilakukan menggunakan kurva standar glukosa 10–50 ppm dari kit GOD-FS glucose. Sebanyak 1 mL larutan sampel atau standar ditambahkan 0,5 mL akuades dan 2 mL reagen GOD-FS, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer λ 510 nm. Kadar pati resisten dihitung berdasarkan konsentrasi glukosa yang diperoleh dari kurva standar dan dinyatakan sebagai glukosa $\times 0,9$ [24].

Pengujian Warna

Pengujian warna tepung kluwih dilakukan menggunakan alat chromameter [25]. Sampel tepung ditempatkan dalam wadah pengujian dengan permukaan yang diratakan untuk memastikan hasil pengukuran yang konsisten. Wadah sampel

kemudian diposisikan pada sensor alat dan pengukuran dilakukan sesuai prosedur operasional standar. Hasil pengujian dinyatakan dalam sistem warna CIE Lab*, yang meliputi nilai L (kecerahan), a* (intensitas warna merah-hijau), dan b* (intensitas warna kuning-biru) yang ditampilkan secara langsung pada layar alat.

Pengolahan dan Analisis data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu variasi lama waktu perebusan (0, 5, 10, dan 15 menit), dengan dua kali ulangan pada setiap perlakuan. Data hasil analisis proksimat, kadar amilosa, amilopektin, pati resisten, serta warna disajikan dalam bentuk rata-rata \pm standar deviasi (SD). Pengaruh lama waktu perebusan terhadap karakteristik tepung kluwih termodifikasi dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji Duncan. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Proksimat

Uji proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan nutrisi pada suatu bahan pangan seperti kadar air, lemak, protein, abu dan karbohidrat [26]. Hasil pengukuran proksimat pada tepung kluwih termodifikasi disajikan pada Tabel 1 dalam *dry weight base* (db).

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter proksimat yang berperan penting dalam menentukan mutu dan daya simpan produk pangan [19]. Kluwih segar dilaporkan memiliki kadar air yang tinggi yaitu sekitar 86,2% [2], sehingga rentan mengalami

kerusakan dan memiliki umur simpan yang relatif singkat [27]. Upaya pengolahan kluwih menjadi tepung termodifikasi melalui proses pengeringan oven bertujuan untuk menurunkan kadar air, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan memperpanjang masa simpan produk.

Berdasarkan data pada Tabel 1, kadar air tepung kluwih termodifikasi menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu perebusan. Kadar air terendah diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 7,36%, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada perebusan 15 menit sebesar 8,90% db. Perlakuan perebusan 0, 5, 10 dan 15 menit menghasilkan kadar air masing-masing sebesar 7,36%; 8,54%; 8,70%; dan 8,90%, yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Peningkatan kadar air akibat perlakuan panas sejalan dengan temuan Muchlisyyah et al. yang melaporkan bahwa proses perebusan dan pendinginan pada umbi *Coleus tuberosus* meningkatkan kadar air dibandingkan bahan mentahnya [7]. Muchlisyyah et al. juga melaporkan tepung beras ketan merah yang di pregelatinisasi dengan suhu sama namun waktu yang lebih panjang dapat peningkatan kadar air [10].

Proses perebusan memicu terjadinya gelatinisasi pati yaitu peristiwa masuknya molekul air ke dalam granula pati yang mengalami pengembangan akibat pemanasan [28]. Semakin lama waktu perebusan, semakin besar kemampuan pati untuk mengikat air, sehingga kadar air tepung meningkat [29]. Lama perebusan menjadi faktor berpengaruh signifikan terhadap kadar air tepung kluwih termodifikasi.

Hasil Kadar Abu

Abu merupakan residu anorganik yang diperoleh setelah pembakaran sempurna bahan organik dan sering digunakan sebagai indikator kandungan mineral dalam suatu produk pangan [21].

Tabel 1. Komposisi Kimia Kluwih Termodifikasi Pada Berbagai Perlakuan Lama Waktu Perebusan

Lama waktu perebusan (menit)	Kadar air (g/ 100 g)	Abu (g/ 100 g db)	Protein (g/ 100 g db)	Lemak (g/ 100 g db)	Karbohidrat (g/ 100 g db)
0	7,36 \pm 0,07 ^a	2,81 \pm 0,05 ^a	1,80 \pm 0,04 ^a	2,06 \pm 0,04 ^a	93,30 \pm 0,19 ^a
5	8,54 \pm 0,06 ^b	2,04 \pm 0,07 ^b	1,13 \pm 0,09 ^b	1,21 \pm 0,03 ^b	95,65 \pm 0,15 ^b
10	8,70 \pm 0,03 ^c	2,01 \pm 0,07 ^b	0,93 \pm 0,05 ^c	1,03 \pm 0,05 ^b	96,02 \pm 0,11 ^c
15	8,90 \pm 0,04 ^d	1,82 \pm 0,04 ^c	0,90 \pm 0,05 ^c	0,85 \pm 0,01 ^b	96,44 \pm 0,13 ^d

Note:

Rerata \pm SD yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji lanjut Duncan. db merupakan unit yang dinyatakan dalam *dry weight base* (basis kering). ^{a,b,c,d} mengindikasikan nilai menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.

Berdasarkan data Pada Tabel 1, kadar abu tepung kluwih termodifikasi menunjukkan kecenderungan penurunan seiring dengan bertambahnya waktu perebusan. Kadar abu tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 2,81% db, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada perlakuan perebusan 15 menit sebesar 1,68% db. Perlakuan tanpa perebusan menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) dibandingkan perlakuan perebusan lainnya yang menunjukkan lama perebusan berpengaruh terhadap kadar abu.

Penurunan kadar abu akibat perebusan sejalan dengan hasil penelitian Bikila et al. yang melaporkan bahwa perebusan umbi Anchote menurunkan kadar abu hingga 22,4% dibandingkan bahan mentahnya [30]. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Dogoré et al. kadar abu tepung gembili menurun dari 3,19% pada bahan mentah menjadi 2,33% setelah perebusan [31]. Penurunan ini diduga terjadi akibat pelarutan mineral yang bersifat larut air ke air rebusan. Oleh karena itu, semakin lama waktu perebusan, semakin besar kemungkinan terjadinya kehilangan mineral.

Kadar Protein

Protein merupakan makromolekul yang tersusun atas rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida [32]. Dalam sistem pangan, protein berfungsi sebagai zat pembangun dan pemelihara jaringan tubuh, serta dapat berperan sebagai sumber energi alternatif setelah lemak dan karbohidrat. Berdasarkan data pada Tabel 1, kadar protein tepung kluwih termodifikasi menunjukkan tren penurunan seiring dengan bertambahnya waktu perebusan. Kadar protein tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 1,80% db, sedangkan kadar protein terendah terdapat pada perlakuan perebusan 10 menit sebesar 0,93% db. Perlakuan perebusan 0 menit menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan perlakuan perebusan lainnya ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa lama perebusan berpengaruh signifikan terhadap kadar protein, namun perlakuan perebusan 10 menit dan 15 menit tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0,05$), masing-masing yaitu 0,93% db dan 0,90% db.

Penurunan kadar protein akibat perebusan sejalan dengan temuan Nzewi et al. tepung kacang asparagus mengalami penurunan protein dari 19,84% (0 menit) menjadi 17,92% setelah perebusan selama 40 menit [33]. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Dogoré et al. yang menunjukkan bahwa kadar protein tepung gembili rebus (5,68%) lebih rendah

dibandingkan tepung gembili mentah (7,25%) [31]. Penurunan ini diduga disebabkan oleh pelarutan protein, peptida dan asam amino yang bersifat larut air ke dalam media perebusan [34]. Selain itu, pemanasan dapat menyebabkan denaturasi protein, sehingga struktur tersier dan sekundernya terbuka dan meningkatkan kelarutan dalam air [35]. Semakin lama waktu perebusan, semakin besar kemungkinan terjadinya pelarutan dan degradasi protein pada produk akhir.

Kadar Lemak

Lemak merupakan salah satu komponen proksimat yang terdapat pada hampir seluruh bahan pangan dan berperan sebagai sumber energi utama dengan kontribusi sebesar 9 kkal/g. Berdasarkan data pada Tabel 1, kadar lemak menunjukkan tren penurunan seiring dengan bertambahnya waktu perebusan. Kadar lemak tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 2,06 % db, sedangkan kadar lemak terendah terdapat pada perlakuan perebusan 5 menit sebesar 1,21% db. Hasil ini menunjukkan bahwa lama perebusan berpengaruh terhadap penurunan kadar lemak tepung kluwih termodifikasi. Meskipun perlakuan perebusan 5, 10 dan 15 menit tidak menunjukkan beda nyata ($p > 0,05$) yaitu 1,21% db, 1,03% db dan 0,85% db masing-masing.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Amon et al. pada tepung umbi talas yang melaporkan penurunan lemak dari 0,75% (tanpa perebusan) menjadi 0,71%; 0,65%; dan 0,60% masing-masing pada perebusan 10, 15, dan 20 menit [36]. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Nzewi et al. pada tepung kacang asparagus mengalami penurunan kadar lemak dari 2,5% (0 menit) menjadi 1,8% setelah perebusan 40 menit [33]. Penurunan kadar lemak selama proses perebusan diduga berkaitan dengan terjadinya hidrolisis dan degradasi termal lipid akibat pemanasan. Proses tersebut menghasilkan senyawa volatil, seperti aldehyd, keton, alkohol, asam lemak bebas dan hidrokarbon [37-38] yang dapat teruapkan atau larut selama perebusan, sehingga menyebabkan penurunan kadar lemak pada produk akhir.

Kadar Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi tubuh manusia sehingga keberadaannya dalam bahan pangan memiliki peranan yang penting. Dalam analisis proksimat, kadar karbohidrat umumnya dihitung dengan metode *by difference*, yaitu berdasarkan selisih dari total komponen selain air, protein, lemak, dan abu.

Berdasarkan data pada Tabel 1, kadar karbohidrat tepung kluwih termodifikasi menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu perebusan. Kadar karbohidrat terendah diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 93,30% db, sedangkan kadar tertinggi terdapat pada perlakuan perebusan 15 menit sebesar 96,44% db. Perlakuan 0 menit menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan perebusan lainnya, yang mengindikasikan bahwa lama perebusan berpengaruh signifikan terhadap kadar karbohidrat yang terukur.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Amon et al. pada tepung umbi talas, yang melaporkan peningkatan kadar karbohidrat masing-masing sebesar 85,3%; 86,2%; dan 87,4% pada perebusan selama 10, 15, dan 20 menit [36]. Peningkatan kadar karbohidrat tersebut diduga bukan disebabkan oleh bertambahnya jumlah karbohidrat secara absolut, melainkan akibat penurunan kadar komponen lain seperti lemak, protein dan abu selama proses perebusan.

Amilosa dan Amilopektin

Amilosa dan amilopektin merupakan dua fraksi utama penyusun pati dalam bentuk granula. Amilosa tersusun atas unit α -glukosa yang berikatan secara linier melalui ikatan glikosida α -(1→4), sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang yang dibentuk oleh ikatan α -(1→4) dan percabangan α -(1→6) [39]. Analisis kadar amilosa dan amilopektin pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh lama perebusan terhadap perubahan komposisi pati pada tepung kluwih termodifikasi (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan Amilosa dan Amilopektin Tepung Kluwih Termodifikasi Pada Berbagai Perlakuan Lama Waktu Perebusan

Lama waktu perebusan (menit)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
0	2,44±0,11 ^a	97,56±0,01 ^a
5	1,54±0,03 ^b	98,46±0,03 ^b
10	0,61±0,02 ^c	99,39±0,02 ^c
15	0,52±0,04 ^d	99,48±0,04 ^d

Note:

Rerata±SD yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji lanjut Duncan. db merupakan unit yang dinyatakan dalam *dry weight base* (basis kering). ^{a,b,c,d} mengindikasikan nilai menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.

Berdasarkan Tabel 2 diketahui kadar amilosa dan amilopektin menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Semakin lama waktu perebusan, kadar amilosa cenderung menurun, sedangkan kadar amilopektin meningkat. Hal ini disebabkan kadar amilopektin dihitung secara *by difference* yaitu sebagai selisih antara kadar pati total dan kadar amilosa. Kadar amilosa tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) yaitu 2,44%, sedangkan kadar terendah terdapat pada perebusan 15 menit yaitu 0,52%.

Penurunan kadar amilosa akibat perlakuan panas sejalan dengan temuan Utama et al. pada gandum serta Muchlisiyah et al. pada tepung beras ketan merah yang melaporkan bahwa perpanjangan waktu pregelatinisasi menyebabkan penurunan kadar amilosa [10], [40]. Secara mekanisme, perebusan dapat memicu hidrolisis dan degradasi amilosa yang strukturnya lebih sederhana dan lebih rentan terhadap kerusakan dibandingkan amilopektin [41]. Selain itu, kombinasi perlakuan perebusan dan pendinginan dalam proses modifikasi dapat memicu retrogradasi yaitu pembentukan kembali struktur kristalin baru yang lebih resisten terhadap pencernaan [40]. Struktur kristalin tersebut umumnya terbentuk dari rantai amilosa yang mengalami rekristalisasi dan berkontribusi pada pembentukan pati resisten. Oleh karena itu, semakin lama waktu perebusan, semakin besar kemungkinan terjadinya konversi amilosa menjadi pati resisten yang berdampak pada penurunan kadar amilosa terukur dalam sampel.

Pati Resisten

Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna di usus halus, namun dapat difermentasi oleh mikrobiota di usus besar. Fermentasi tersebut menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFAs) yang berperan dalam menjaga kesehatan kolon, menurunkan risiko kanker kolon, serta memperbaiki profil lipid darah [42]. Kandungan pati dalam bahan pangan dapat dimodifikasi menjadi pati resisten salah satunya dengan kombinasi pemanasan dan pendinginan yang memicu proses gelatinisasi dan retrogradasi [43]. Kandungan pati resisten tepung kluwih termodifikasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Pati Resisten Tepung Kluwih Termodifikasi Pada Berbagai Perlakuan Lama Waktu Perebusan

Lama waktu perebusan (menit)	Pati Resisten (%)
0	13,86±0,06 ^a
5	15,15±0,01 ^b
10	15,55±0,00 ^c

Lama waktu perebusan (menit)	Pati Resisten (%)
15	16,74±0,01 ^d

Note:

Rerata±SD yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji lanjut Duncan. db merupakan unit yang dinyatakan dalam *dry weight base* (basis kering). ^{a,b,c,d} mengindikasikan nilai menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.

Berdasarkan data pada Tabel 3, lama waktu perebusan berpengaruh signifikan terhadap kadar pati resisten ($p < 0,05$). Semakin lama waktu perebusan, kadar pati resisten yang dihasilkan semakin meningkat. Kadar pati resisten terendah diperoleh pada perlakuan tanpa perebusan (0 menit) sebesar 13,86 g/100 g, sedangkan kadar tertinggi terdapat pada perebusan 15 menit sebesar 16,74 g/100 g. Berdasarkan klasifikasi Wulan et al. perlakuan 0 menit termasuk kategori pati resisten tinggi, sedangkan perlakuan 5, 10 dan 15 menit termasuk kategori sangat tinggi [44].

Peningkatan kadar pati resisten akibat perlakuan panas sejalan dengan penelitian Rosida dan Dedin yang melaporkan bahwa kombinasi perebusan dan pendinginan pada tepung pra-masak pisang tanduk menghasilkan pati resisten lebih tinggi dibandingkan perlakuan pengukusan [8]. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Ferawati et al. di mana proses perebusan meningkatkan kadar pati resisten tepung kacang kapri dibandingkan bentuk mentahnya [45]. Secara umum, peningkatan pati resisten berbanding terbalik dengan kadar amilosa terukur. Semakin lama perebusan, semakin besar kemungkinan terjadinya gelatinisasi dan diikuti retrogradasi yaitu rekristalisasi rantai amilosa yang membentuk struktur heliks ganda stabil melalui ikatan hidrogen [40], [44]. Struktur kristalin tersebut bersifat lebih resisten terhadap hidrolisis enzimatis. Selain itu, karakteristik amilopektin dengan rantai bercabang panjang juga turut memengaruhi sifat resistensi pati terhadap pencernaan [46]. Perlakuan perebusan selama 15 menit merupakan kondisi terbaik untuk menghasilkan pati resisten tertinggi pada tepung kluwih termodifikasi.

Karakteristik Warna

Warna merupakan salah satu atribut sensori yang memengaruhi penerimaan dan preferensi konsumen terhadap suatu produk pangan. Data warna tepung kluwih termodifikasi dilakukan menggunakan parameter L (kecerahan), a* (intensitas merah-hijau) dan b* (intensitas kuning-biru) yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Warna Tepung Kluwih Termodifikasi Pada Berbagai Perlakuan Lama Waktu Perebusan

Lama waktu perebusan (menit)	L	a*	b*
0	70,52±0,04 ^a	5,66±0,01 ^a	23,72±0,05 ^a
5	73,84±0,05 ^b	2,87±0,02 ^b	21,45±0,07 ^b
10	71,03±0,02 ^c	2,93±0,04 ^b	19,41±0,01 ^c
15	66,65±0,04 ^d	4,12±0,03 ^c	19,18±0,03 ^d

Note:

Rerata±SD yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji lanjut Duncan. db merupakan unit yang dinyatakan dalam *dry weight base* (basis kering). ^{a,b,c,d} mengindikasikan nilai menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.

Terjadi peningkatan kecerahan pada perebusan 5 menit dibandingkan tanpa perebusan, namun kecerahan menurun pada perebusan 10 dan 15 menit. Perbedaan nilai L antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Penurunan kecerahan pada waktu pemanasan yang lebih lama diduga berkaitan dengan terjadinya pencoklatan non-enzimatis, seperti reaksi Maillard atau karamelisasi [47]. Sebaliknya, penggunaan waktu pemanasan yang tepat dapat menekan aktivitas pencoklatan enzimatis sehingga meningkatkan kecerahan produk [48]. Temuan ini sejalan dengan Muchlisyyah et al. yang melaporkan bahwa perebusan dan pendinginan pada umbi *Coleus tuberosus* menurunkan nilai L dibandingkan bahan segarnya [7].

Intensitas warna merah menurun pada perebusan 5 menit, kemudian meningkat kembali pada 10 dan 15 menit. Namun, nilai a* pada perebusan 5 dan 10 menit tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Sementara itu, nilai b* menunjukkan tren penurunan intensitas (warna kuning) seiring bertambahnya waktu perebusan, dengan perbedaan yang nyata antar perlakuan ($p < 0,05$). Penurunan nilai b* diduga berkaitan dengan degradasi pigmen alami akibat perlakuan panas. Secara keseluruhan, lama perebusan berpengaruh nyata terhadap perubahan karakteristik warna tepung kluwih termodifikasi.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, metode perebusan-pendinginan efektif dalam memodifikasi karakteristik tepung kluwih, baik dari aspek komposisi kimia maupun sifat fisik. Lama waktu perebusan mempengaruhi karakteristik kimia seperti penurunan ($p < 0,05$) kadar

abu, protein dan lemak sedangkan kadar air dan karbohidrat mengalami peningkatan secara signifikan ($p < 0,05$). Kadar pati resisten juga menunjukkan peningkatan signifikan ($p < 0,05$) sejalan dengan lama waktu perebusan. Selain itu, tingkat kecerahan (L) juga menunjukkan penurunan ($p < 0,05$) seiring dengan lama waktu perebusan yang dilakukan. Perlakuan perebusan selama 15 menit merupakan kondisi terbaik dalam penelitian ini untuk menghasilkan tepung kluwih termodifikasi dengan kadar pati resisten tertinggi 16,74%, namun penelitian ini memiliki keterbatasan seperti belum diketahui lama waktu perebusan yang optimal untuk meningkatkan kadar pati resisten pada tepung kluwih termodifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada tim peneliti serta bantuan dana melalui skema *Competitive Research Grant* (CRG) Universitas Al-Azhar Indonesia 2024 sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Serta, program studi Teknologi Pangan yang terus mendorong riset kolaborasi antara mahasiswa dan dosen sehingga menghasilkan luaran berupa publikasi ilmiah yang dapat memberikan manfaat untuk dunia akademik.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, "Produksi Tanaman Buah-buahan - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia," Data Badan Pusat Statistik Indonesia. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>.
- [2] M. S. Rabeta and M. J. N. Syafiqah, "Proximate Composition, Mineral and Total Phenolic Contents, and Scavenging Activity of Breadnut Fruit (*Artocarpus camansi*)," *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, vol. 44, no. 1, 2016. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20163257227>.
- [3] S. Sumarwati, "Traditional ecological knowledge on the slope of Mount Lawu, Indonesia: all about non-rice food security," *Journal of Ethnic Foods*, vol. 9, no. 1, 2022, doi: 10.1186/s42779-022-00120-z.
- [4] Z. F. Rozali, E. Y. Purwani, D. Iskandriati, N. S. Palupi, and M. T. Suhartono, "Potensi Pati Resistensi Beras sebagai Bahan Pangan Fungsional," *Jurnal Pangan*, vol. 27, no. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.33964/jp.v27i3.396>.
- [5] J. Compart, A. Singh, J. Fettke, and A. Apriyanto, "Customizing Starch Properties: A Review of Starch Modifications and Their Applications," 2023. doi: 10.3390/polym15163491.
- [6] H. Nawaz, R. Waheed, M. Nawaz, and D. Shahwar, "Physical and Chemical Modifications in Starch Structure and Reactivity," in *Chemical Properties of Starch*, 2020. doi: 10.5772/intechopen.88870.
- [7] J. Muchlisyyah, T. D. Widyaningsih, R. Wulansari, and H. S. Prasmita, "The Effect of Processing and Cooling Methods on *Coleus tuberosus* in vitro Starch Digestibility," *agriTECH*, vol. 41, no. 3, 2021, doi: 10.22146/agritech.44596.
- [8] Rosida and F. Dedin, "Evaluasi Nilai Gizi Tepung Pra-Masak Pisang Tanduk dan Pisang Raja Nangka [Nutritional Evaluation of Pre-cooked 'Tanduk' and 'Raja Nangka' Plantain flour]," *Hasil Penelitian J. Teknol. dan Industri Pangan*, vol. XXII, no. 2, 2011. <https://journal.ipb.ac.id/jtip/article/view/4266>.
- [9] I. N. K. Putra, I. P. Suparhana, and N. P. T. Ina, "Physicochemical properties and microstructure of the pregelatinized tannia flour prepared by a simple parboiling method," *Asian Journal of Agriculture and Biology*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.35495/ajab.2019.06.257.
- [10] J. Muchlisyyah, H. S. Prasmita, and T. Estiasih, "The Effect of Pregelatinization with Heat and Moisture Treatment on Physicochemical and Pasting Characteristics of Red Glutinous Rice Flour," *Research Journal of Life Science*, vol. 7, no. 3, 2020, doi: 10.21776/ub.rjls.2020.007.03.7.
- [11] S. Fitriani, Y. Yusmarini, E. Riftyan, E. Saputra, and M. C. Rohmah, "Karakteristik dan Profil Pasta Pati Sagu Modifikasi Prigelatinisasi pada Suhu yang Berbeda," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 16, no. 2, 2023, doi: 10.20961/jthp.v16i2.56057.
- [12] N. S. Rahayu, D. Praseptiangga, B. Haryanto, and Samanhudi, "Preparation and Characterization of Type 3 Resistant Starch from Cilacap Breadfruit (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg) Starch," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 11, no. 4, 2021, doi: 10.18517/ijaseit.11.4.13886.
- [13] V. Espinosa-Solis *et al.*, "Physicochemical characterization of resistant starch type-iii (Rs3) obtained by autoclaving malanga (*xanthosoma sagittifolium*) flour and corn starch," *Molecules*,

- vol. 26, no. 13, 2021, doi: 10.3390/molecules26134006.
- [14] B. Hidayat, U. Hasanudin, S. Nurdjanah, N. Yuliana, S. Akmal, and M. Muslihudin, "Application of Partial Gelatinization Autoclaving-cooling Process to Increase the Resistant Starch Content of Fermented Cassava Pulp Flour-based Composite Flour," *Asian Journal of Agriculture and Biology*, vol. 2021, no. 3, 2021, doi: 10.35495/ajab.2020.09.483.
- [15] R. Ekafitri, "Pati Resisten pada Beras: Jenis, Metode Peningkatan, Efek untuk Kesehatan, dan Aplikasinya," *Jurnal Pangan*, vol. 26, no. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.33964/jp.v26i3.362>.
- [16] J. Hidayat, . Sunarti, . Mustofa, and A. H. Sadewa, "Effects of resistant starch of mixed tubers snacks on glucose metabolism, leptin, visceral fat and body mass index in type 2 diabetes mellitus (T2DM)," *Journal of the Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, vol. 51, no. 1, 2019, doi: 10.19106/jmedsci005101201906.
- [17] K. Y. Lee and H. G. Lee, "Comparative effects of slowly digestible and resistant starch from rice in high-fat diet-induced obese mice," *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 25, no. 5, 2016, doi: 10.1007/s10068-016-0224-2.
- [18] A. P. Diandra, A. Y. M. Zain, K. Hanina, V. R. Apriliani, N. Alfilarari, and L. Azis, "Effect of Boiling Time on the Change of Moisture Content, Color Analysis and Granule's Shape of Breadnut (*Artocarpus camansi*) Flour," *EXSACT-A*, vol. 1, no. 1, p. 70, Dec. 2023, doi: 10.36722/exc.v1i1.2353.
- [19] W. Sugiantari, A. A. Chandra Wibawa, and D. A. I. Pramitha, "Analisis Kadar Lemak dan Kadar Air pada Simplisia Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Desa Gumbrih, Kecamatan Pakutatatan, Kabupaten Jembrana," *Usadha*, vol. 2, no. 4, 2022, doi: 10.36733/usadha.v2i4.7251.
- [20] H. Rosaini, R. Rasyid, and V. Hagramida, "Penetapan Kadar Protein Secara Kjeldahl Beberapa Makanan Olahan Kerang Remis (*Corbiculla moltkiana* Prime.) Dari Danau Singkarak," *Jurnal Farmasi Higea*, vol. 7, no. 2, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.52689/higea.v7i2.123>.
- [21] E. K. Pangestuti and P. Darmawan, "Analisis Kadar Abu dalam Tepung Terigu dengan Metode Gravimetri Analysis of Ash Contents in Wheat Flour by The Gravimetric Method," *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, vol. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31001/jkireka.v2i1.22>.
- [22] D. D. Sopotan, C. F. Mamuaja, and T. F. Lolowang, "Uji Organoleptik Dan Karakteristik Kimia Produk Klappertaart Di Kota Manado Selama Penyimpanan," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, vol. 4, no. 1, 2016. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/itp/article/view/15298>.
- [23] A. Jading, E. Tethool, P. Payung, and S. Gultom, "Karakteristik Fisikokimia Pati Sagu Hasil Pengeringan Secara Fluidisasi Menggunakan Alat Pengering Cross Flow Fluidized Bed Bertenaga Surya Dan Biomassa," *Reaktor*, vol. 13, no. 3, 2011, doi: 10.14710/reaktor.13.3.155-164.
- [24] Waluyo, Y. Pranoto, Sardjonon, and Y. Marsono, "Peningkatan Pati Resisten dan Karakteristik Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Pratanak Metode Kombinasi Pengukusan, Oven Microvawe, Autoclav dan Pendinginan," *Jurnal Nutrisia*, vol. 23, no. 1, 2021. <https://www.nutrisiajournal.com/index.php/JNUTRI/article/view/217>.
- [25] A. Ni'matullah Al-Baarri, Widayat, B. Cahyono, A. Baety Nirbaya, U. Khairunnisa, and W. Pangestika, "The Color Analysis of Noodle Made from Modified Cassava Flour," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/518/1/012041.
- [26] G. Gunawan and M. Khalil, "Analisa proksimat formulasi pakan pelet dengan penambahan bahan baku hewani yang berbeda," *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 2015, doi: 10.29103/aa.v2i1.348.
- [27] M. Silalahi, "Keluwih (*Artocarpus camansi* Blanco): Potential utilization as foodstuff and its bioactivity," *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, vol. 19, no. 2, 2022, doi: 10.30574/gscbps.2022.19.2.0200.
- [28] U. Ulyarti *et al.*, "The application of gelatinisation techniques in modification of cassava and yam starches using precipitation method," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 59, no. 3, 2022, doi: 10.1007/s13197-021-05134-0.
- [29] X. Ling, N. Tang, B. Zhao, Y. Zhang, B. Guo, and Y. M. Wei, "Study on the water state, mobility and textural property of Chinese noodles during boiling," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 55, no. 4, 2020, doi: 10.1111/ijfs.14444.
- [30] A. M. Bikila, Y. Tola, T. B. Esho, and S. F. Forsido, "Effect of predrying treatment and drying temperature on proximate composition, mineral contents, and thermophysical properties

- of anchote (*Coccinia abyssinica* (Lam.) Cogn.) flour,” *Food Sci. Nutr.*, vol. 8, no. 10, 2020, doi: 10.1002/fsn3.1860.
- [31] Y. D. Digbeu, J. G. Makambou, and E. Ahipo Dué, “The Impact of Cooking on the Proximate Composition and Antinutritional Factors of yam *Dioscorea esculenta* Tubers,” 2018. <https://www.ijtrd.com/papers/IJTRD16068.pdf>.
- [32] A. Reichenbach *et al.*, “Pengaruh Diet Protein Terhadap Indeks Glikemik,” *Prog. Retin. Eye Res.*, vol. 561, no. 3, 2019.
- [33] D. Nzewi and A. C. C. Egbuonu, “Effect of boiling and roasting on the proximate properties of asparagus bean (*Vigna Sesquipedalis*),” *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 10, no. 54, 2011, doi: 10.5897/AJB11.452.
- [34] Y. Nie, M. Yu, H. Zhou, P. Zhang, W. Yang, and B. Li, “Effect of boiling time on nutritional characteristics and antioxidant activities of *Lentinus edodes* and its broth,” *CYTA - Journal of Food*, vol. 18, no. 1, 2020, doi: 10.1080/19476337.2020.1799077.
- [35] A. M. Sutedia, C. Y. Trisnawati, R. Wang, and C. Sugianti, “Boiling time variation through functional characteristics of boiled red kidney beans,” in *E3S Web of Conferences*, 2022. doi: 10.1051/e3sconf/202234404004.
- [36] A. S. Amon, R. Y. Soro, E. F. Assemand, E. A. Dué, and L. P. Kouamé, “Effect of boiling time on chemical composition and physico-functional properties of flours from taro (*Colocasia esculenta* cv fouê) corm grown in Côte d’Ivoire,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 51, no. 5, 2014, doi: 10.1007/s13197-011-0578-7.
- [37] B. N. Kusuma Putri, I. P. Suparhana, and L. P. Trisna Darmayanti, “Pengaruh Lama Perebusan Kedelai Terhadap Karakteristik Kedelai Terfermentasi,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, vol. 10, no. 3, 2021, doi: 10.24843/itepa.2021.v10.i03.p16.
- [38] S. Purwaningsih, E. Salamah, and T. Yunisca, “Kandungan Gizi Keong Ipong-Ipong (*Fasciolaria salmo*) Akibat Metode Pengolahan,” *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 15, no. 2, pp. 101–109, 2012, doi: <https://doi.org/10.17844/jphpi.v15i2.6172>.
- [39] A. Niken and A. Dicky, “Isolasi amilosa dan amilopektin dari pati kentang,” *Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 2, no. 3, 2013. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtki/article/view/2817>.
- [40] C. S. Utama, B. Sulistiyanto, and S. Kismiyati, “The Effects Of Water Addition And Steaming Duration on Starch Composition of Wheat Pollard,” *Reaktor*, vol. 17, no. 4, 2018, doi: 10.14710/reaktor.17.4.221-225.
- [41] D. F. Rosida, R. Yuliani, and S. Djajati, “Modification of *Colocasia esculenta* Starch with Acetylation Process,” in *4th International Seminar of Research Month*, Nusantara Science and Technology Proceedings, 2020. doi: 10.11594/nstp.2019.0453.
- [42] F. Kusnandar, *Kimia pangan komponen makro*, vol. 264. 2010.
- [43] R. H. B. Setiarto, N. Widhyastuti, and A. Sumariyadi, “Peningkatan Kadar Pati Resisten Tipe III Tepung Singkong Termodifikasi Melalui Fermentasi dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan,” *Biopropal Industri*, vol. 9, no. 1, 2018. DOI: 10.36974/jbi.v9i1.3425.
- [44] S. N. Wulan, E. Saparianti, S. B. Widjanarko, and N. Kurnaeni, “Modifikasi Pati Sederhana dengan Metode Fisik, Kimia, dan Kombinasi Fisik-Kimia untuk Menghasilkan Tepung Pra-Masak Tinggi Pati Resisten yang Dibuat dari Jagung, Kentang, dan Ubi Kayu,” *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 7, no. 1, 2006. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/209>.
- [45] F. Ferawati, M. Hefni, and C. Witthöft, “Flours from Swedish pulses: Effects of treatment on functional properties and nutrient content,” *Food Sci. Nutr.*, vol. 7, no. 12, 2019, doi: 10.1002/fsn3.1280.
- [46] F. A. Afandi, “Hubungan antara panjang rantai amilopektin dan indeks glikemik pangan karbohidrat: review,” *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, vol. 3, no. 2, 2023. <https://jurnal.ut.ac.id/index.php/foodscientia/article/view/6503>.
- [47] O. W. Nilasari, W. H. Susanto, and J. M. Maligan, “Pengaruh Suhu Dan Lama Pemasakan Terhadap Karakteristik Lempok Labu Kuning (Waluh) The Effect of Temperature and Length of Cooking to Pumpkin Lempok Characteristic,” *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 5, no. 3, 2017. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/537>.
- [48] C. Severini, A. Baiano, T. De Pilli, R. Romaniello, and A. Derossi, “Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions,” *LWT*, vol. 36, no. 7, 2003, doi: 10.1016/S0023-6438(03)00085-9.