

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v10i1.3290>

Karakteristik Kimia, Sifat Fungsional, dan Prediksi Indeks Glikemik Tepung Komposit Berbasis Hanjeli (*Coix lacryma-Jobi*) Termodifikasi

Nadya Mara Adelina^{1*}, Lukman Aziz¹, A'immatul Fauziyah², Khezia Mevera¹, Nesia Odnikana Salmatyanti¹

¹Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia
Jalan Sisingamangaraja, Kompleks Masjid Agung Al Azhar, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110

²Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jalan RS. Fatmawati Raya, Pondok Labu, Cilandak, Jakarta Selatan 12450

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: nadya.adelina@uai.ac.id

Abstract – In 2021, Indonesia ranked 5th globally for the highest number of diabetes cases, primarily due to excessive consumption of high-glycemic index foods. The glycemic index is influenced by fiber, minerals, bioactive compounds, and starch modification. This study aims to determine the optimal formulation of Heat Moisture Treatment (HMT) modified hanjeli flour, dragon fruit peel flour, and cashew nut flour to obtain composite flour with the lowest predicted glycemic index. The physical, functional, and chemical properties of the flour were also analyzed. A Completely Randomized Design (CRD) with one factor and five treatments was used. Composite flour was prepared by mixing dried ingredients using a food dehydrator. Results showed that sample F5 (45% dragon fruit peel flour) had the highest Water Holding Capacity (WHC) and Oil Holding Capacity (OHC). Fiber content, ash content, total phenolics, and resistant starch increased with the higher ratio of dragon fruit peel flour, whereas rapid digestible starch (RDS) and slow digestible starch (SDS) decreased as the proportion of modified hanjeli flour decreased. Sample F4 (50% modified hanjeli flour, 35% dragon fruit peel flour, and 15% cashew nut flour) had the lowest predicted glycemic index (40.53), making it a promising ingredient for low-glycemic index foods.

Abstrak - Indonesia berada pada urutan ke-5 dengan penderita diabetes tertinggi di dunia pada tahun 2021, dan mayoritas disebabkan terlalu banyak mengonsumsi produk dengan indeks glikemik tinggi. Indeks glikemik dipengaruhi oleh adanya serat, mineral, senyawa bioaktif serta dilakukannya modifikasi pati. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan formulasi terbaik dari bahan penyusunnya yaitu tepung hanjeli modifikasi *Heat Moisture Treatment* (HMT), tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete untuk memperoleh tepung komposit dengan prediksi indeks glikemik terendah. Sifat fisik, fungsional, dan kandungan kimia tepung komposit juga akan dianalisis. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak lengkap (RAL) satu faktorial dengan lima perlakuan. Sampel tepung komposit dibuat dengan mencampurkan bahan penyusunnya yang telah dikeringkan dengan *food dehydrator*. Hasil penelitian menunjukkan *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC) tertinggi diperoleh oleh sampel F5 (rasio kulit buah naga 45%). Kandungan serat, abu, total fenolik, dan *resistant starch* meningkat seiring dengan peningkatan rasio kulit buah naga, sedangkan *rapid digestible starch* (RDS) dan *slow digestible starch* (SDS) menurun seiring dengan menurunnya rasio tepung hanjeli modifikasi. Sampel F4 (tepung hanjeli modifikasi 50%, tepung kulit buah naga 35%, dan tepung kacang mete 15%) memiliki prediksi indeks glikemik terendah (40,53), dan berpotensi untuk menghasilkan pangan dengan indeks glikemik rendah.

Keywords – Bioactive Compounds, Diabetes, Fiber Content, Heat Moisture Treatment, Modified Starch.

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada urutan ke-5 dengan penderita diabetes tertinggi di dunia pada tahun 2021 yaitu sebanyak 19,4 juta (90% penderita diabetes tipe 2) dengan 236 ribu kematian sepanjang tahun 2021. Hal ini dilaporkan oleh *International Diabetes Federation* (IDF) dan diprediksi akan terus meningkat hingga 2045 [1]. Penderita diabetes tipe 2 disebabkan terlalu banyak mengonsumsi produk dengan indeks glikemik tinggi sehingga terjadi resistensi insulin [2].

Produk cemilan masyarakat Indonesia mayoritas menggunakan tepung terigu yang memiliki indeks glikemik tinggi (IG=70) [3]. Berbagai usaha dilakukan untuk mengembangkan produk dengan indeks glikemik rendah menggunakan tepung komposit (campuran beberapa jenis tepung) untuk mengurangi resiko terjadinya diabetes dan aman untuk dikonsumsi penderita diabetes. Faktor yang dapat mempengaruhi indeks glikemik yaitu daya cerna pati yang dipengaruhi oleh fraksi pati, kandungan senyawa bioaktif, kandungan serat serta mineral [4].

Daya cerna pati akan dipengaruhi oleh fraksi pati yaitu *Rapid Digestible Starch* (RDS), *Slow Digestible Starch* (SDS) dan *Resistant Starch* (RS). Hasil penelitian Widowati [5] menunjukkan bahwa pangan dengan daya cerna pati tinggi (kandungan RDS tinggi) menghasilkan nilai indeks glikemik yang tinggi. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan berbagai produk lokal untuk pembuatan tepung komposit dan melakukan pengujian indeks glikemik produk [6-8].

Hanjeli (*Coix Lacryma-Jobi*) merupakan salah satu tanaman lokal Indonesia. Tanaman ini banyak ditemukan di Jawa Barat, khususnya Sukabumi. Kementerian Pertanian Republik Indonesia menyatakan bahwa hanjeli berpotensi besar untuk dapat dikembangkan melalui diversifikasi pangan dalam mewujudkan ketahanan dan kemandirian pangan di Indonesia. Hanjeli mengandung 76,4% karbohidrat [9], diantaranya pati sebesar 54,26-58,15% dari berat keringnya [10]. Penelitian sebelumnya melakukan modifikasi pati hanjeli dengan ultrasonikasi yang dikombinasikan dengan ozonasi untuk menghasilkan pati hanjeli berpori yang dapat meningkatkan daya serap air [10].

Salah satu modifikasi pati secara fisik yang mudah untuk dilakukan yaitu *Heat Moisture Treatment* (HMT). Proses modifikasi ini dapat meningkatkan

nilai ekonomi bahan dengan mempengaruhi sifat fungsionalnya [11-13]. Selain itu, HMT juga dapat mempengaruhi komposisi pati. Liu [14] menyatakan bahwa perlakuan HMT dapat menurunkan RDS dan meningkatkan RS dan SDS pada tepung *barley*. Guo [15] menyatakan bahwa kadar serat tepung kacang dapat meningkat dengan perlakuan HMT yaitu dari sekitar 7 g/100 g menjadi 13 g/100 g, namun Chuwech [16] melaporkan bahwa kandungan total fenolik dan aktivitas antioksidan tepung beras ungu menurun dengan perlakuan HMT yaitu dari 7,90 mg GAE/g menjadi 3,37 mg GAE/g.

Kulit buah naga merupakan salah satu limbah yang banyak dihasilkan pada saat konsumsi buah naga (30% dari total buah yang diproduksi yaitu 82.544 ton pada tahun 2020) dan mengandung berbagai senyawa bioaktif [17]. Senyawa bioaktif, khususnya senyawa fenolik dapat menurunkan daya cerna pati dengan menurunkan aktivitas enzim alfa-amilase dan amiloglukosidase [18]. Tepung kulit buah naga juga mengandung serat sebesar 30,50% [19]. Penambahan serat ke dalam produk berbasis pati dapat meningkatkan viskositas produk, sehingga dapat menurunkan daya cerna patinya [20], [21]. Selain itu, pengembangan produk dengan kulit buah naga akan menghasilkan produk dengan warna merah keunguan yang menarik dari pigmen antosianin.

Kacang mete merupakan jenis kacang yang melimpah diproduksi di Indonesia, yaitu 171.641 ton pada tahun 2021. Kacang ini juga merupakan komoditi lokal yang banyak diekspor ke berbagai negara seperti China, India dan Amerika. Kacang mete mengandung senyawa bioaktif dan antioksidan yang tinggi serta kandungannya meningkat ketika dilakukan pemanggangan [22], [23]. Selain itu, kandungan mineral magnesium pada kacang mete berfungsi untuk mengontrol gula darah [24]. Berbagai produk dikembangkan menggunakan kacang mete dan menghasilkan indeks glikemik yang rendah kurang dari 55 [25].

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang sudah disampaikan, maka tepung komposit dari tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete berpotensi untuk memiliki daya cerna pati dan indeks glikemik yang rendah, namun rasio pencampuran setiap bahan menjadi faktor yang harus dikaji kembali. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan formulasi terbaik dalam pembuatan tepung komposit berbasis tepung hanjeli termodifikasi dengan HMT, tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete yang memiliki daya cerna

dan indeks glikemik rendah sebagai bahan baku pembuatan produk pangan fungsional. Selain itu, setiap formulasi tepung komposit akan dianalisis untuk karakteristik fisik dan kimianya. Tepung komposit ini diharapkan dapat mensubstitusi tepung terigu pada pembuatan berbagai produk.

METODE

Desain, Tempat dan Waktu

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktorial yaitu rasio tepung hanjeli modifikasi dan tepung kulit buah naga. Pembuatan tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, tepung kacang mete dan tepung komposit dilakukan di Laboratorium Kulineri, Universitas Al-Azhar Indonesia. Pengujian Sifat Fungsional dan Fraksi Pati dilakukan di Laboratorium Kimia-Biokimia Pangan, Universitas Al-Azhar Indonesia dan Pengujian Fisik serta Kimia Proksimat dilakukan di Laboratorium Uji Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Bahan-bahan yang digunakan adalah kulit buah naga merah (*Hylocereus Polyrhizus*) yang merupakan limbah dari penjual jus buah di daerah Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan, kacang mete yang diperoleh dari Wonogiri dan Biji hanjeli diperoleh dari mitra Desa Wisata Hanjeli yang berlokasi di Desa Waluran Mandiri, Sukabumi. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk pengujian fraksi pati yaitu *Digestible and Resistant Starch Assay Kit* (Neogen, Megazyme) dan untuk pengujian proksimat menggunakan bahan kimia teknis yang diperoleh dari sigma. Alat-alat yang digunakan yaitu *blender* (Philip), *food dehydrator* (Lock&Lock), ayakan 60 mesh, *centrifuge* (Oregon LC-04S), *water bath* (LabTech) dan *chromameter* (Konica Minolta CR-400).

Pembuatan Tepung Hanjeli Modifikasi HMT

Metode pembuatan tepung hanjeli modifikasi HMT disesuaikan dengan penelitian sebelumnya [14]. Pembuatan tepung hanjeli diawali dengan pencucian biji hanjeli, pengeringan dengan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 45°C selama 5 jam. Lalu dilanjutkan dengan pengecilan ukuran dan pengayakan menggunakan ayakan 60 mesh hingga diperoleh tepung hanjeli. Proses modifikasi HMT dilakukan dengan mengukur kadar air hanjeli dan menambahkan air untuk membuat kadar air mencapai 30% dengan persamaan (1) dan (2) di bawah. Campuran disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam dan dilanjutkan pemanasan dengan oven

pada suhu 110°C selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan penepungan kembali seperti tahap awal dan diperoleh tepung hanjeli termodifikasi HMT.

$$A = W2 - W1 \quad (1)$$

Keterangan :

A = Jumlah Air yang Ditambahkan

W2 = Bobot Tepung setelah ditambah Air (gram)

W1 = Bobot Tepung sebelum ditambah Air (gram)

$$W2 = \frac{[(100-KA1) \times W1]}{[100-KA2]} \quad (2)$$

Keterangan :

W2 = Bobot Tepung setelah ditambah air (gram)

W1 = Bobot Tepung sebelum ditambah air (gram)

KA1 = Kadar Air Tepung Awal (%)

KA2 = Kadar Air Tepung untuk Modifikasi HMT (%)

Pembuatan Tepung Kulit Buah Naga

Pembuatan tepung kulit buah naga disesuaikan dengan metode sebelumnya [19]. Kulit buah naga diseleksi yang tidak rusak, bagian kulit luar yang kotor dibuang dan dilakukan pencucian. Selanjutnya dilakukan blansir pada suhu 80°C selama 1 menit untuk menginaktivasi enzim dan membunuh bakteri. Pengecilan ukuran dilakukan menggunakan *blender* dan pengeringan dilakukan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 60°C selama 6 jam. Setelah kering dilakukan pengecilan ukuran kembali dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh untuk memperoleh tepung kulit buah naga.

Pembuatan Tepung Kacang Mete

Pembuatan tepung kacang mete disesuaikan dengan kondisi pemanggangan pada penelitian sebelumnya yang menghasilkan senyawa bioaktif tertinggi [23]. Kacang mete dilakukan pengecilan ukuran dengan cara dipotong-potong dan dikeringkan dengan *food dehydrator* dengan suhu 60°C selama 5 jam. Selanjutnya dilakukan pemanggangan dengan oven pada suhu 150°C selama 30 menit. Pengecilan ukuran dengan *blender*, dan pengayakan dengan ayakan 60 mesh dilakukan untuk memperoleh tepung kacang mete.

Pembuatan Tepung Komposit

Pembuatan tepung komposit [26] dilakukan dengan penimbangan tepung hanjeli modifikasi, tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete dengan rasio yang disajikan pada tabel 1. Formula ini disesuaikan dengan penelitian sebelumnya, yaitu substitusi tepung kulit buah naga sampai dengan 45% masih dapat diterima panelis dalam pembuatan kukis [27]. Selanjutnya dilakukan pencampuran

dengan dilakukan pengayakan kembali untuk memperoleh tepung komposit.

Tabel 1. Formulasi Tepung Komposit

Sampel	Formula (%)		
	Tepung Hanjeli Modifikasi	Tepung Kulit Buah Naga	Tepung Kacang Mete
F0	100	-	-
F1	80	5	15
F2	70	15	15
F3	60	25	15
F4	50	35	15
F5	40	45	15

Pengujian Fisik dan Sifat Fungsional

Pengujian fisik yang dilakukan adalah pengujian warna dengan menggunakan chromameter dan diperoleh data berupa nilai L*, a* dan b*. Sifat fungsional tepung yang diujikan adalah nilai *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC) sesuai dengan metode yang dilakukan pada penelitian sebelumnya [3]. Nilai WHC dan OHC ditampilkan dalam g/g.

Pengujian Kimia

Pengujian kimia yang dilakukan adalah kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, serat kasar dan amilosa, yang diuji berdasarkan metode SNI 01-2891-1992. Kadar total fenolik dianalisis berdasarkan metode *Folin-Ciocalteu* sesuai metode pada penelitian sebelumnya [23].

Pengujian Fraksi Pati

Pengujian fraksi pati dilakukan dengan menggunakan *Digestible and Resistant Starch Assay Kit* (Neogen, Megazyme) menggunakan metode pada penelitian sebelumnya [28]. Sampel diinkubasi dengan enzim alfa amilase dan amiloglukosidase selama 0, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240 menit. Pada menit-menit tersebut, sampel diambil dan ditambahkan larutan asam asetat. Sampel dianalisis dengan menggunakan reagen *glucose oxidase/peroxidase* (GOPOD) untuk menentukan fraksi pati dalam sampel. Perhitungan RDS menggunakan sampel pada menit ke 20, SDS menggunakan sampel pada menit ke 120 dikurang pada menit ke 20, dan RS dihitung dari total pati dikurang RDS dan SDS. Perhitungan fraksi pati dilakukan menggunakan *MegaCalc*™ Excel@ kalkulator.

Pengujian Indeks Hidrolisis dan Prediksi Indeks Glikemik

Indeks hidrolisis atau *Hydrolysis Index* (HI) diukur berdasarkan luas area kurva yang diplotkan dengan y adalah % pati terhidrolisis dan x adalah waktu

dalam menit. Pengukuran dilakukan pada menit ke 0, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240 menit. Indeks hidrolisis diukur berdasarkan rasio luas area masing-masing sampel dengan referensi (roti tawar). Prediksi indeks glikemik atau *Predicted Index Glycemic* (pGI) dihitung dengan menggunakan rumus (3). Metode perhitungan indeks hidrolisis dan prediksi indeks glikemik disesuaikan dengan metode pada penelitian sebelumnya [3].

$$pGI = 39.71 + 0.549 \times HI \tag{3}$$

Pengolahan dan Analisis Data

Seluruh percobaan dilakukan dengan 2x pengulangan dan ditampilkan dalam bentuk rata-rata dan standar deviasi. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 23 untuk analisis statistik menggunakan *One-way Anova* dengan taraf signifikansi 0,05 dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan*.

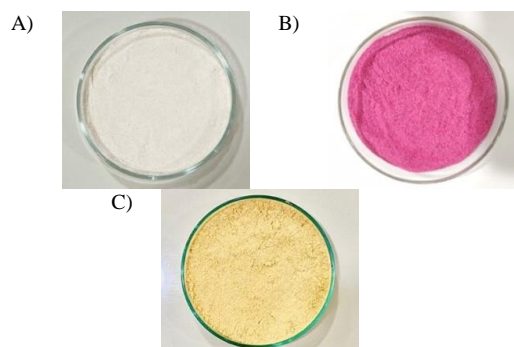
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan Tepung Komposit

Pembuatan tepung hanjeli termodifikasi HMT diawali dengan pengukuran kadar air tepung hanjeli segar yang diperoleh sebesar 6,55%. Hasil tersebut yang akan mempengaruhi penambahan air untuk modifikasi tepung hanjeli dengan kadar air 30%. Berdasarkan perhitungan, maka diperoleh hasil penambahan air yang dibutuhkan untuk melakukan modifikasi HMT terhadap 100 g sampel tepung hanjeli yaitu 33,50 g. Hasil pengujian disajikan pada tabel 2. Setelah penambahan air, tepung hanjeli dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 2 jam dan dilanjutkan dengan penepungan untuk memperoleh tepung hanjeli termodifikasi. Pembuatan tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete dilakukan berdasarkan tahapan yang tertulis pada metode. Tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete yang sudah dibuat (gambar 1) dicampurkan dengan proporsi yang berbeda dan dilakukan pengayakan untuk pembuatan tepung komposit yang disajikan pada gambar 2.

Tabel 2. Kadar air dan penambahan air dalam pembuatan tepung hanjeli termodifikasi

Kadar Air Tepung Hanjeli Segar(%)	Kadar Air Tepung Hanjeli untuk Modifikasi HMT (%)	Berat Tepung Hanjeli untuk Modifikasi HMT (g)	Berat Air yang ditambahkan untuk Modifikasi HMT (g)
6,55	30,00	100,00	33,50



Gambar 1. Tepung-Tepung Penyusun Tepung Komposit, yaitu Tepung Hanjeli termodifikasi HMT (A), Tepung Kulit Buah Naga (B) dan Tepung Kacang Mete (C)



Gambar 2. Tepung Hanjeli termodifikasi (F0) dan Tepung Komposit dengan Komposisi Tepung Hanjeli termodifikasi, Tepung Kulit Buah Naga dan Tepung Kacang Mete dengan Proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5)

Tabel 3. Hasil uji warna dan sifat fungsional tepung hanjeli modifikasi dan tepung komposit

Sampel L*	a*	b*	WHC (g/g)	OHC (g/g)	
F0	88,55 ^a ± 0,18	-3,87 ^f ± 0,02	12,60 ^a ± 0,04	1,78 ^d ± 0,29	1,93 ^c ± 0,08
F1	75,72 ^b ± 0,14	7,35 ^e ± 0,15	11,30 ^a ± 0,09	2,98 ^c ± 0,09	2,08 ^{bc} ± 0,05
F2	67,29 ^c ± 0,08	15,10 ^d ± 0,01	8,81 ^b ± 0,04	3,91 ^b ± 0,12	2,18 ^{ab} ± 0,01
F3	62,00 ^d ± 0,05	15,47 ^c ± 0,11	7,96 ^{bc} ± 0,07	4,44 ^b ± 0,16	2,28 ^a ± 0,07
F4	57,39 ^e ± 0,25	23,29 ^b ± 0,09	7,66 ^c ± 0,09	5,30 ^a ± 0,14	2,30 ^a ± 0,11
F5	55,73 ^f ± 0,13	24,31 ^a ± 0,13	7,39 ^c ± 0,02	5,36 ^a ± 0,44	2,26 ^{ab} ± 0,10

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Huruf yang berbeda pada parameter yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$.

Hasil Uji Fisik dan Sifat Fungsional Tepung Komposit

Hasil uji fisik meliputi warna yang ditampilkan dalam nilai L^* , a^* , dan b^* , serta hasil pengujian sifat fungsional meliputi *Water Holding Capacity* (WHC) dan *Oil Holding Capacity* (OHC) disajikan pada tabel 3.

Pada pengujian warna, semakin tinggi proporsi buah naga, maka semakin rendah nilai L^* yang dihasilkan. Nilai L^* memiliki makna kecerahan, semakin tinggi nilai L^* menunjukkan sampel yang memiliki warna semakin cerah. Nilai L^* tertinggi dimiliki oleh sampel F0 (88,55) dan nilai terendah yaitu pada F5 (55,73). Nilai L^* semakin rendah menunjukkan sampel yang semakin gelap. Hal ini terlihat dari gambar 2 yaitu sampel F5 memiliki warna yang paling gelap dengan warna merah keunguan yang mendominasi.

Nilai a^* meningkat seiring dengan peningkatan rasio kulit buah naga. Nilai a^* memiliki makna hijau jika bernilai negatif dan merah jika bernilai positif. Sampel F0 memiliki nilai a^* negatif (-3,87) yang menunjukkan sedikit kecenderungan sampel berwarna hijau, walau secara kasat mata tidak terlihat warna hijau pada sampel F0 pada gambar 2, namun sampel F5 memiliki nilai a^* tertinggi (24,31) dengan warna merah keunguan yang intensitasnya cukup tinggi. Hal ini dapat disebabkan rasio penambahan kulit buah naga yang semakin tinggi dan memberikan warna ungu kemerahan yang semakin pekat seiring dengan meningkatnya kandungan antosianin dan betasianin dari kulit buah naga [17]. Peningkatan kepekatan warna keunguan tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk pangan olahan sebagai pewarna alami [29], [30].

Nilai b^* menurun semakin menurunnya rasio tepung hanjeli modifikasi. Nilai b^* positif berkorelasi dengan warna kuning, dan nilai b^* negatif berkorelasi dengan warna biru. Sampel F0 memiliki nilai b^* yang paling tinggi (12,60) karena tepung hanjeli modifikasi memiliki warna putih kekuning-kuningan. Penambahan rasio kacang mete yang sama pada sampel F1-F5 (15%) sebetulnya memberikan warna kuning kecoklatan yang dihasilkan selama proses pemanggangan kacang melalui reaksi Maillard [23], namun karena penambahan rasio tepung kulit buah naga yang semakin tinggi, sehingga menghilangkan warna kuning yang dihasilkan dan membuat nilai b^* semakin menurun.

Pada pengujian sifat fungsional, parameter WHC dan OHC diujikan pada tepung hanjeli modifikasi dan tepung komposit (tabel 3). WHC adalah kemampuan sampel untuk dapat menahan air. Hal ini dapat dipengaruhi oleh komposisi kimia sampel. Perbedaan rasio penyusun tepung komposit berpengaruh nyata terhadap WHC yang dihasilkan. Semakin tinggi rasio kulit buah naga, maka semakin tinggi WHC yang dihasilkan. Sampel F5 memiliki nilai tertinggi (5,36 g/g) dan tidak berbeda signifikan dengan F4 (5,30 g/g). Umumnya, sampel dengan lemak yang tinggi dapat menurunkan WHC dan kandungan protein yang tinggi dapat meningkatkan WHC, namun berdasarkan data yang disajikan pada tabel 4, sampel F5 memiliki lemak yang paling tinggi (8,08%) dan protein (11,25%) yang paling sedikit. Kandungan serat kasar yang meningkat signifikan pada sampel F5 (tabel 4), dapat meningkatkan WHC sehingga menghasilkan WHC yang lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu tepung kulit buah jeruk dan tepung kulit buah nangka juga memiliki WHC yang tinggi karena kandungan seratnya yang tinggi mampu untuk menahan air [31]. Penggunaan tepung dengan WHC yang tinggi dapat meningkatkan kelembutan tekstur dari produk produk bakeri [3]. Dibandingkan tepung terigu yang memiliki WHC 1,59 g/g [31], seluruh formula F0 hingga F5 memiliki nilai WHC lebih tinggi.

Nilai OHC sampel juga meningkat signifikan seiring dengan peningkatan rasio kulit buah naga. Sampel F5 memiliki nilai OHC tertinggi (2,26 g/g) dan sampel F0 memiliki nilai OHC terkecil (1,93 g/g). Nilai ini masih lebih tinggi dibandingkan nilai OHC pada tepung terigu yaitu 0,796 g/g [31]. Nilai OHC yang meningkat sesuai dengan peningkatan kandungan serat yang juga berfungsi dalam menyerap minyak. Nilai OHC yang tinggi dapat meningkatkan cita rasa dengan memberikan *mouthfeel* yang disukai pada produk [3]. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pembuatan biskuit menggunakan tepung dengan WAC dan OAC yang lebih tinggi dapat meningkatkan secara signifikan nilai sensori produk [32].

Hasil Uji Kimia Tepung Komposit

Hasil uji kimia yang dilakukan meliputi uji proksimat (air, abu, lemak, protein), serat kasar, amilosa dan kandungan total fenolik. Hasil uji kimia sangat dipengaruhi oleh proporsi bahan penyusun tepung komposit. Berdasarkan hasil yang disajikan pada tabel 4, 5 dan 6, dapat diketahui bahwa sampel

berbeda signifikan pada seluruh parameter kimia yang diujikan.

Tabel 4. Hasil Uji Proksimat Tepung Hanjeli Modifikasi dan Tepung Komposit

Sampel	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)
F0	5,18 ^f ± 0,01	0,32 ^f ± 0,01	0,55 ^d ± 0,01	13,82 ^b ± 0,01
F1	6,20 ^c ± 0,00	1,60 ^e ± 0,03	7,90 ^b ± 0,02	14,02 ^a ± 0,04
F2	5,62 ^e ± 0,03	3,12 ^d ± 0,03	7,69 ^c ± 0,06	13,33 ^c ± 0,02
F3	6,00 ^d ± 0,01	4,38 ^c ± 0,01	7,88 ^b ± 0,05	12,76 ^d ± 0,06
F4	6,89 ^b ± 0,01	6,39 ^b ± 0,01	7,92 ^b ± 0,05	11,76 ^e ± 0,01
F5	9,65 ^a ± 0,01	8,06 ^a ± 0,03	8,08 ^a ± 0,04	11,25 ^f ± 0,06

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Hasil yang ditampilkan merupakan %bb. Huruf yang berbeda pada parameter yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$.

Kandungan air pada produk sangat menentukan umur simpan produk, terutama pada produk tepung-tepungan. Semakin tinggi kandungan air suatu produk, maka semakin rendah umur simpannya karena memungkinkan adanya aktivitas mikroba dan enzim yang membuat produk lebih mudah rusak. Berdasarkan tabel 4, peningkatan rasio kulit buah naga juga meningkatkan kadar air secara signifikan. Sampel F5 memiliki kadar air tertinggi (9,65%) dan sampel F0 memiliki kadar air terendah (5,18%). Tingginya kadar air sampel F5 dapat disebabkan rasio kulit buah naga yang semakin banyak, yaitu kandungan kadar air pada tepung kulit buah naga sendiri mencapai 9,73% [19], namun kadar air sampel F5 masih sesuai dengan kadar air pada SNI 3751-2018 tentang tepung terigu yaitu maksimal 14,50%.

Kadar abu memiliki korelasi positif dengan kandungan mineral sampel. Peningkatan kadar abu dari F0 (0,32%) ke F1 (1,60%) salah satunya dapat dipengaruhi adanya penambahan tepung kacang mete yang memiliki kadar magnesium yang cukup tinggi [33]. Kadar abu juga meningkat signifikan seiring dengan peningkatan rasio kulit buah naga. Sampel F5 memiliki kadar abu paling besar yaitu 8,06%, sedangkan F0 memiliki kadar abu paling kecil yaitu 0,32%. Peningkatan ini disebabkan

penambahan tepung kulit buah naga yang semakin besar dengan kadar abu 14,27% [19]. Hasil ini tidak sesuai dengan SNI 3751-2018 tentang tepung terigu yang mempersyaratkan kadar abu maksimal 0,70%, namun kadar abu sampel yang semakin tinggi menandakan kandungan mineral sampel yang semakin tinggi. Kadar abu yang lebih tinggi juga dapat menghasilkan produk dengan rasa dan aroma yang lebih disukai berdasarkan penelitian sebelumnya [34]

Kadar lemak terendah dimiliki oleh sampel F0 (0,55%). Penambahan kacang mete berpengaruh nyata terhadap peningkatan lemak pada sampel, namun perbedaan ini tidak signifikan antar sampel F1, F3 dan F4 karena ketiga sampel memiliki rasio kacang mete yang sama. Kandungan lemak kacang mete sebesar 34,29% dan terdiri dari lemak-lemak tidak jenuh yang baik untuk tubuh [35]. Sampel F5 memiliki kandungan lemak yang paling tinggi (8,08%) dan berbeda signifikan dibandingkan sampel lainnya. Hal ini karena rasio tepung kulit buah naga yang cukup besar yaitu 45% dan mengandung kadar lemak sebesar 23,46% [19].

Kadar protein sampel menurun seiring dengan menurunnya rasio tepung hanjeli modifikasi. Sampel F1 memiliki kadar protein tertinggi (14,02%) dan sampel F5 memiliki kadar protein terendah (11,25%), namun penurunan tersebut masih diatas batas minimal yang sesuai dengan SNI 3751-2018 tentang tepung terigu, yaitu batas minimal protein tepung 7,00%. Hal ini karena kandungan tepung hanjeli mengandung protein sebesar 14,10% [9], kulit buah naga sebesar 13,07% [19], dan kacang mete sebesar 20% [36]. Rasio kacang mete pada sampel F1-F5 sama, sehingga kadar protein yang menurun dipengaruhi oleh rasio tepung hanjeli modifikasi dan tepung kulit buah naga. Kandungan protein tepung komposit yang berkisar antara 11,25-14,02% cocok digunakan untuk pembuatan roti dan mie [37].

Tabel 5. Hasil Uji Karbohidrat, Serat Kasar dan Amilosa Tepung Hanjeli Modifikasi dan Tepung Komposit

Sampel	Karbohidrat (%)	Serat Kasar (%)	Amilosa (%)
F0	80,15 ^a ± 0,02	0,06 ^f ± 0,01	8,12 ^a ± 0,03
F1	70,29 ^b ± 0,09	1,65 ^e ± 0,04	7,63 ^b ± 0,06
F2	70,25 ^b ± 0,04	3,47 ^d ± 0,02	6,95 ^c ± 0,00
F3	69,00 ^c ± 0,09	4,47 ^c ± 0,03	6,03 ^d ± 0,03
F4	67,06 ^d ± 0,07	7,55 ^b ± 0,07	5,06 ^e ± 0,04
F5	62,97 ^e ± 0,14	9,54 ^a ± 0,06	4,01 ^f ± 0,05

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan

proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Hasil yang ditampilkan merupakan %bb. Huruf yang berbeda pada parameter yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$.

Berdasarkan tabel 5, kadar karbohidrat dan amilosa menurun seiring dengan meningkatkan rasio tepung kulit buah naga. Penurunan ini juga terjadi karena penurunan rasio tepung hanjeli yang memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu 76,4% [9]. Sampel F5 memiliki kadar karbohidrat terendah yaitu 62,97%. Hal ini karena sampel F5 didominasi oleh tepung kulit buah naga (45%) yang hanya mengandung karbohidrat sebesar 39,49% [19].

Kadar amilosa juga menurun seiring dengan menurunnya rasio tepung hanjeli. Umumnya, kadar amilosa memiliki korelasi positif dengan pati resisten dan korelasi negatif dengan indeks glikemik, karena struktur amilosa yang linear lebih sulit dicerna oleh enzim amilase, namun pada penelitian ini, kadar amilosa dengan pati resisten tidak berbanding lurus dan dengan indeks glikemik tidak berbanding terbalik (tabel 7 dan 8). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu jecawut memiliki kandungan amilosa 2 kali lipat lebih tinggi dari kacang arab, sedangkan pati resisten yang dimiliki kacang arab 2 kali lipat lebih tinggi dari jecawut, begitupun indeks glikemik kacang arab yang lebih rendah dari kacang arab [3]. Hal ini dapat terjadi karena adanya kandungan serat dalam sampel yang diuji, yang jumlahnya cukup tinggi sehingga dapat mempengaruhi indeks glikemik sampel yang dihasilkan. Kandungan serat dapat mengganggu akses enzim amilase terhadap granula pati, sehingga menghasilkan indeks glikemik yang lebih rendah [18], [21]. Sampel F5 memiliki kandungan serat yang paling tinggi (9,54%), yang didominasi oleh kandungan serat yang berasal dari tepung kulit buah naga yang memiliki kandungan serat 29,13% [19].

Tabel 6. Hasil Total Fenolik Tepung Hanjeli Modifikasi dan Tepung Komposit

Sampel	Total Fenolik (mg/g GAE)
F0	0,34 ^f ± 0,00
F1	0,74 ^e ± 0,00
F2	1,32 ^d ± 0,00
F3	1,89 ^b ± 0,00
F4	1,45 ^c ± 0,01
F5	2,81 ^a ± 0,00

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Huruf yang berbeda

pada parameter yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$.

Daya cerna pati juga dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif yang terkandung pada sampel. Senyawa bioaktif salah satunya dapat diukur dengan Metode Folin-Ciocalteu yang menghasilkan data total fenolik yang disajikan pada tabel 6. Proses modifikasi pati dengan teknik HMT dapat menurunkan senyawa bioaktif yang memiliki banyak manfaat untuk tubuh, salah satunya menurunkan daya cerna pati. Penambahan tepung kulit buah naga meningkatkan total fenolik secara signifikan seiring dengan meningkatnya rasio tepung kulit buah naga. Hal ini karena tepung kulit buah naga memiliki berbagai senyawa bioaktif seperti asam klorogenik, asam kaftarik, asam ferulat, katekin dan kuersetin [38]. Sampel F0 memiliki total fenolik terendah yaitu 0,34 mg/g GAE, sedangkan F5 memiliki kadar total fenolik tertinggi yaitu 2,81 mg/g GAE. Keberadaan senyawa fenolik dapat menurunkan daya cerna pati dengan cara menurunkan aktivitas enzim alfa amilase dan enzim amiloglukosidase [18].

Hasil Uji Fraksi Pati Tepung Komposit

Uji daya cerna pati juga dilakukan untuk menentukan *Rapid Digestible Starch* (RDS) yang diperoleh pada menit ke-20, *Slow Digestible Starch* (SDS) pada menit ke-120 dikurangi menit ke-20 dan *Resistant Starch* (RS) yang diperoleh dari hasil selisih total pati (100%) terhadap RDS dan SDS. Hasil ini disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Fraksi Pati Tepung Hanjeli Modifikasi dan Tepung Komposit

Sampel	RDS (%)	SDS (%)	RS (%)
F0	27,09 ^a ± 0,66	38,06 ^a ± 2,18	34,85 ^c ± 2,84
	18,37 ^b ± 2,33	31,35 ^a ± 3,55	50,28 ^b ± 1,22
F2	24,36 ^a ± 3,40	39,68 ^a ± 0,41	35,97 ^c ± 2,99
	13,35 ^c ± 0,71	19,26 ^b ± 1,37	67,39 ^a ± 2,08
F4	8,54 ^d ± 0,00	14,03 ^b ± 4,82	77,43 ^a ± 4,82
	11,05 ^{cd} ± 0,00	16,65 ^b ± 7,00	72,30 ^a ± 7,00

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Hasil yang ditampilkan merupakan %bb. Huruf yang berbeda pada parameter

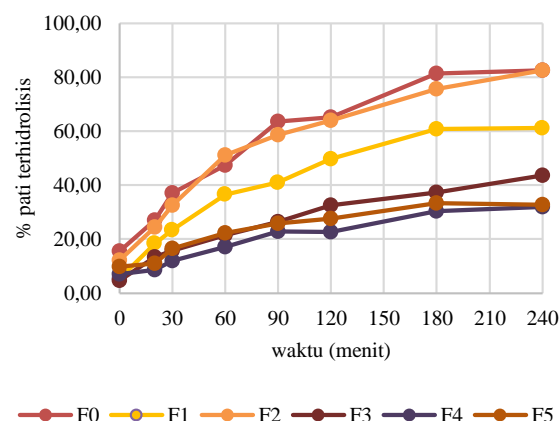
yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha= 0.05$.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, modifikasi pati HMT dapat menurunkan kadar RDS dan meningkatkan SDS dan RS [14]. Pada penelitian tersebut, modifikasi HMT dengan kadar air 30% dengan suhu 110°C selama 2 jam menurunkan RDS dari 96,19% menjadi 81,13%, meningkatkan SDS 1,54% menjadi 5,25%, dan meningkatkan RS dari 2,27% menjadi 13,62% pada tepung barley. Kondisi modifikasi HMT yang sama digunakan untuk penelitian ini dan menghasilkan RDS sebesar 27,09%, SDS 38,06%, dan RS 34,85%. Pencampuran tepung kulit buah naga dan tepung kacang mete menurunkan kadar RDS dan SDS dan meningkatkan RS. Kadar RDS terendah dimiliki oleh sampel F4 (rasio kulit buah naga 35%) sebesar 8,54%, SDS tertinggi dimiliki sampel F2 (rasio kulit buah naga 25%) sebesar 39,68%, dan RS tertinggi dimiliki oleh sampel F4 (rasio kulit buah naga 35%) sebesar 77,43%.

Pengujian sampel yang tidak dilakukan dengan ekstraksi pati terlebih dahulu, memungkinkan komponen lain ikut berkontribusi dalam perhitungan fraksi pati tersebut. Metode pengujian fraksi pati terhadap sampel tanpa perlakuan ekstraksi pati terlebih dahulu juga dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya terhadap berbagai jenis tepung-tepungan [3], [16]. Rendahnya RDS dan tingginya RS yang seiring dengan peningkatan rasio kulit buah naga dapat disebabkan semakin banyaknya kandungan serat dan total fenolik pada sampel (tabel 5 dan 6). Kandungan serat dan senyawa bioaktif (total fenolik) dapat menurunkan daya cerna pati dengan menurunkan aktivitas enzim alfa-amilase dan amiloglukosidase, mengganggu akses enzim terhadap granula pati, ataupun membentuk senyawa kompleks dengan pati sehingga menghambat proses pencernaannya [18], [21], [39].

Selain menentukan persentase pati terhidrolisis pada menit ke 20 (untuk perhitungan RDS) dan pada menit ke 120 (untuk perhitungan SDS), setiap sampel juga dilakukan analisis pada menit ke 0, 20, 30, 60, 90, 120, 180, dan 240 yang disajikan pada gambar 3. Semakin lama waktu yang diberikan untuk menghidrolisis sampel, maka semakin tinggi persen pati terhidrolisis yang dihasilkan. Sampel F4 dan F5 memiliki nilai kurva terendah dibandingkan sampel lainnya. Hal ini sesuai dengan RS yang paling tinggi juga ditemukan pada sampel F4 dan F5 (tabel 7). Luas area setiap sampel dibandingkan dengan luas area roti tawar untuk memperoleh

indeks hidrolisis untuk selanjutnya digunakan untuk perhitungan prediksi indeks glikemik yang disajikan pada tabel 8.



Gambar 3. Persentase pati terhidrolisis pada menit-menit tertentu pada sampel tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5).

Tabel 8. Hasil Uji Indeks Hidrolisis dan Prediksi Indeks Glikemik Tepung Hanjeli Modifikasi dan Tepung Komposit

Sampel	Indeks Hidrolisis	Prediksi Indeks Glikemik
F0	4,66 ^a ± 0,37	42,27 ^a ± 0,20
F1	3,61 ^b ± 0,01	41,69 ^b ± 0,00
F2	4,78 ^a ± 0,19	42,33 ^a ± 0,11
F3	2,41 ^c ± 0,08	41,04 ^c ± 0,04
F4	1,49 ^d ± 0,33	40,53 ^d ± 0,18
F5	1,62 ^d ± 0,36	40,60 ^d ± 0,20

Keterangan : tepung hanjeli termodifikasi (F0) dan tepung komposit dengan komposisi tepung hanjeli termodifikasi, tepung kulit buah naga, dan tepung kacang mete dengan proporsi 80:5:15 (F1), 70:15:15 (F2), 60:25:15 (F3), 50:35:15 (F4), dan 40:45:15 (F5). Huruf yang berbeda pada parameter yang sama menunjukkan hasil uji lanjut *Duncan* yang berbeda signifikan pada taraf signifikansi $\alpha= 0.05$.

Indeks hidrolisis dihitung untuk setiap sampel berdasarkan luas area masing-masing sampel. Semakin tinggi daya cerna pati, maka akan semakin tinggi indeks hidrolisis yang dihasilkan. Indeks hidrolisis akan mempengaruhi indeks glikemik, yang berkorelasi terhadap seberapa cepat gula yang dihasilkan dari proses pencernaan suatu produk pangan dan meningkatkan gula darah. Penelitian ini mengukur prediksi indeks glikemik dengan menggunakan persamaan yang telah banyak digunakan oleh beberapa penelitian sebelumnya [3], [6], [7]. Berdasarkan hasil pada tabel 8, indeks

hidrolisis tertinggi terdapat pada sampel F2 yang tidak berbeda signifikan dengan sampel F0. Hal ini karena pada sampel F0 belum ada penambahan tepung kacang mete dan tepung kulit buah naga yang meningkatkan kadar serat dan senyawa fenolik yang dapat mempengaruhi daya cerna pati. Pada F2 juga memiliki indeks hidrolisis yang tinggi karena rasio antara kulit buah naga yang tidak terlalu banyak (15%) dan hanjeli yang berkurang (70%). Indeks hidrolisis terendah terdapat pada sampel F4.

Hasil prediksi indeks glikemik yang dihasilkan oleh seluruh tepung berkisar antara 40,53-42,33. Hal ini dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel memiliki indeks glikemik yang rendah (<55) berdasarkan Peraturan BPOM No 1 Tahun 2022. Sampel F4 memiliki indeks glikemik terendah (40,53) dengan rasio tepung kulit buah naga 35%. Secara general, semakin tinggi rasio kulit buah naga menghasilkan indeks glikemik yang semakin rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, yaitu substitusi tepung kulit buah naga 25% pada kukis dapat menurunkan prediksi indeks glikemik dari 56,7 menjadi 45,7 [6], namun pada penelitian ini, F5 (rasio tepung kulit buah naga 35%) menghasilkan indeks glikemik sedikit lebih tinggi dibandingkan F4. Hal ini dapat dipengaruhi rasio tepung hanjeli modifikasi yang semakin sedikit, sehingga mengurangi kadar pati resisten (tabel 7).

Tepung lain yang memiliki prediksi indeks glikemik yang rendah (44,98-54,83) yaitu tepung oat, tepung sorgum, tepung kacang arab, tepung kacang lentil, dan tepung gandum [3]. Secara general, seluruh sampel pada penelitian ini memiliki potensi untuk dapat menghasilkan produk dengan indeks glikemik rendah, namun proses pengolahan pangan dan penambahan bahan lain akan mempengaruhi indeks glikemik produk, sehingga penggunaan tepung komposit ini dalam pembuatan produk dengan indeks glikemik rendah masih harus dianalisis kembali.

KESIMPULAN

Perbedaan rasio bahan penyusun tepung komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik fisik, kimia, sifat fungsional dan fraksi pati tepung komposit. Warna merah keunguan yang dihasilkan dengan penambahan tepung kulit buah naga menurunkan nilai L dan b, namun meningkatkan nilai a pada pengujian fisik. Semakin tinggi rasio kulit buah naga, semakin tinggi kadar air, abu dan lemak. Seluruh sampel tepung komposit

juga memiliki kadar protein diatas yang dipersyaratkan SNI 3751-2018 yaitu 11,25-14,06%. Sampel dengan rasio kulit buah naga 45% juga memiliki kadar serat tertinggi yaitu 9,54%, sehingga menghasilkan WHC dan OHC paling tinggi dibandingkan sampel lainnya. Semakin rendah rasio tepung hanjeli modifikasi menghasilkan tepung komposit dengan RDS dan SDS yang semakin rendah, namun RS yang semakin tinggi. Prediksi indeks glikemik yang dihasilkan seluruh tepung komposit menunjukkan seluruh sampel memiliki indeks glikemik yang rendah. Sampel F4 (80% tepung hanjeli modifikasi, 35% tepung kulit buah naga, dan 15% tepung kacang mete) memiliki indeks glikemik terendah yaitu 40,53, dan berpotensi menghasilkan produk pangan dengan indeks glikemik rendah sehingga baik untuk penderita diabetes ataupun mencegah terjadinya diabetes.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM), Kemdikbud Ristek yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula tahun 2024.

REFERENSI

- [1] "IDF Diabetes Atlas 2021 | IDF Diabetes Atlas." Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>
- [2] A. Chaudhury *et al.*, "Clinical Review of Antidiabetic Drugs: Implications for Type 2 Diabetes Mellitus Management," *Front Endocrinol (Lausanne)*, vol. 8, no. January, 2017, doi: 10.3389/fendo.2017.00006.
- [3] M. Di Cairano, N. Condelli, M. C. Caruso, A. Marti, N. Cela, and F. Galgano, "Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours," *LWT*, vol. 133, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109860.
- [4] H. Aalim, D. Wang, and Z. Luo, "Black rice (*Oryza sativa* L.) processing: Evaluation of physicochemical properties, in vitro starch digestibility, and phenolic functions linked to type 2 diabetes," *Food Research International*, vol. 141, p. 109898, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.FOODRES.2020.109898.
- [5] S. Widowati, S. Kirana, and R. Banurea, "Karakteristik Fisikimia dan Fungsional Nasi Instan," *Jurnal Pangan*, vol. 29, no. 2, pp. 87–104, 2020.

- [6] T. H. A. Mai, T. T. T. Tran, and V. V. M. Le, "Effects of Pitaya Peel Supplementation on Nutritional Quality, Overall Sensory Acceptance, in Vitro Glycemic Index, and Antioxidant Release from Fiber-Enriched Cookies," *J Food Qual*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/3166524.
- [7] S. K. Reshmi, M. L. Sudha, and M. N. Shashirekha, "Starch digestibility and predicted glycemic index in the bread fortified with pomelo (*Citrus maxima*) fruit segments," *Food Chem*, vol. 237, pp. 957–965, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2017.05.138.
- [8] D. H. Geng, N. Tang, X. Zhang, M. Zhao, X. Jia, and Y. Cheng, "Insights into the textural properties and starch digestibility on rice noodles as affected by the addition of maize starch and rice starch," *LWT*, vol. 173, p. 114265, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.LWT.2022.114265.
- [9] M. L. Trianawati, C. Nurwitri, T. Risnawati, and S. Rejeki, "Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung (*Coix lacryma-jobi* L.) yang Dimodifikasi dengan Na₂S₂O₅ dan Aplikasinya pada Cupcake," *Jurnal Sains Terapan*, 2022, Accessed: Mar. 11, 2024. [Online]. Available: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jstsv/article/view/42359/23861>
- [10] E. Subroto, R. Indiarjo, E. Wulandari, and A. P. Astari, "Modifikasi Pati Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L.) Berpori melalui Ultrasonikasi dan Ozonasi," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 14, no. 2, p. 117, Nov. 2021, doi: 10.20961/jthp.v14i2.54338.
- [11] V. Marboh and C. L. Mahanta, "Rheological and textural properties of sohphlang (*Flemingia vestita*) starch gels as affected by heat moisture treatment and annealing," *Food Chemistry Advances*, vol. 3, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.FOCHA.2023.100542.
- [12] C. Cerlyn, A. Ansharullah, and M. L., "Pengaruh Substitusi Tepung Sagu HMT pada Pembuatan Sirup Kulit Buah Naga Merah terhadap Karakteristik Organoleptik, Viskositas, dan Aktivitas Antioksidan," *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, vol. 7, no. 1, pp. 4692–4705, Mar. 2022, doi: 10.33772/JSTP.V7I1.24132.
- [13] K. Schafranski, V. C. Ito, and L. G. Lacerda, "Impacts and potential applications: A review of the modification of starches by heat-moisture treatment (HMT)," *Food Hydrocoll*, vol. 117, p. 106690, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.FOODHYD.2021.106690.
- [14] K. Liu, B. Zhang, L. Chen, X. Li, and B. Zheng, "Hierarchical structure and physicochemical properties of highland barley starch following heat moisture treatment," *Food Chem*, vol. 271, pp. 102–108, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.193.
- [15] Q. Guo, L. Chen, D. Yang, and B. Zheng, "Heat-moisture treatment enhances the ordered degree of starch structure in whole chestnut flour and alters its gut microbiota modulation in mice fed with high-fat diet," *Int J Biol Macromol*, vol. 254, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.127961.
- [16] M. Chuwech, N. Rakariyatham, J. Tinoi, P. Suwitchayanon, and N. Chandet, "Effect of Heat–Moisture Treatment on Crystallinity, Digestibility Properties, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Purple Rice (*Oryza sativa* L. indica) Flour," *Processes*, vol. 11, no. 3, Mar. 2023, doi: 10.3390/pr11030969.
- [17] N. M. Adelina, W. Maghfiroh, B. Kiara Ramadhani Lubis, and N. Kilka Ramadhan, "Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Selai Bengkuang dengan Penambahan Kulit Buah Naga Merah Sebagai Pewarna Alami," *Food and Agro Industry*, vol. 3, no. 2, pp. 115–132, 2022.
- [18] D. Zhang, N. M. Adelina, Z. Fan, and J. Liu, "Phytochemical profile and biological activities from different parts of *Vaccinium vitis-idaea*," *J Berry Res*, vol. 12, no. 4, pp. 445–462, Jan. 2022, doi: 10.3233/JBR-220019.
- [19] R. Qalbi, S. Giovani, Q. Guo, and N. M. Adelina, "Effect of Drying Time on Physicochemical Characteristics of Dragon Fruit Peels Powder (*Hylocereus polyrhizus*)," *Journal of Agri-Food Science and Technology (JAFoST)*, vol. 4, no. 2, pp. 81–96, 2023, doi: 10.12928/jafost.v4i2.9294.
- [20] D. Zhang, N. M. Adelina, Z. Fan, and J. Liu, "Phytochemical profile and biological activities from different parts of *Vaccinium vitis-idaea*," *J Berry Res*, vol. 12, no. 4, pp. 445–462, Dec. 2022, doi: 10.3233/JBR-220019.
- [21] X. Xu, L. Ding, Y. Fu, Y. Wang, and S. Cai, "Polyphenol-rich extract of Chinese sumac (*Rhus chinensis* Mill.) fruits and its main component decrease in vitro starch digestibility of bread: Exploring the potential mechanisms from the perspective of molecular interactions," *LWT*, vol. 195, p. 115856, Mar. 2024, doi: 10.1016/J.LWT.2024.115856.

- [22] H. A. Ghazzawi and K. Al-Ismaïl, "A Comprehensive Study on the Effect of Roasting and Frying on Fatty Acids Profiles and Antioxidant Capacity of Almonds, Pine, Cashew, and Pistachio," *J Food Qual*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/9038257.
- [23] N. M. Adelina, J. An, Q. Guo, L. Zhang, and Y. Zhao, "Physicochemical quality and sensory attributes of two grafted pine nuts (*Pinus koraiensis*) affected by different roasting conditions," *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2024, doi: 10.1007/s11694-024-02365-5.
- [24] R. K. F. Santos *et al.*, "Relationship among dietary intake of vitamin D, magnesium, and calcium, 25-hydroxyvitamin D levels, and glycemic control markers in individuals with type 2 diabetes," *Human Nutrition & Metabolism*, vol. 34, p. 200218, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.HNM.2023.200218.
- [25] B. Shkembi and T. Huppertz, "Glycemic Responses of Milk and Plant-Based Drinks: Food Matrix Effects," *Foods 2023, Vol. 12, Page 453*, vol. 12, no. 3, p. 453, Jan. 2023, doi: 10.3390/FOODS12030453.
- [26] L. H. Ho and N. W. binti Abdul Latif, "Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends," *Cogent Food Agric*, vol. 2, no. 1, 2016, doi: 10.1080/23311932.2015.1136369.
- [27] N. M. Adelina, S. Giovani, M. Jameelah, R. Rosianajayanti, and S. F. Z. Assagaf, "Karakteristik Sensori dan Fisikokimia Kukis dari Campuran Tepung Mocaf dan Tepung Kulit Buah Naga," *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, vol. 11, no. 2, pp. 96–106, Sep. 2024, doi: 10.29244/jmpi.2024.11.2.96.
- [28] M. BV and M. C, "Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber in Foods Using a Rapid Integrated Procedure of Enzymatic-Gravimetric-Liquid Chromatography: First Action 2022.01," *J AOAC Int*, vol. 106, no. 1, pp. 127–145, Jan. 2022, doi: 10.1093/JAOACINT/QSAC098.
- [29] A. Tri Oktarina, D. Larasati, dan Sri Haryati, J. Soekarno Hatta Tlogosari, and S. -, "Pengaruh Konsentrasi Kulit Buah Naga Merah terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Permen Marshmallow," 2021.
- [30] I. Dyah Kumalasari and A. P. Devira, "Aktivitas Antioksidan dan Evaluasi Sensori Kukis Tersubstitusi Tepung Kacang Hijau dan Tepung Kulit Buah Naga Merah," *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, vol. 35, no. 1, pp. 67–78, Jun. 2024, doi: 10.6066/jtip.2024.35.1.67.
- [31] K. Natalie, T. Pantjajani, A. D. R. Dewi, and M. G. M. Purwanto, "Karakterisasi fisikokimia dan functional properties tepung kulit buah jeruk bali (*Citrus maxima*) dan tepung kulit buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*)," *Teknologi Pangan : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, vol. 13, no. 1, pp. 44–53, Mar. 2022, doi: 10.35891/tp.v13i1.2900.
- [32] M. Kaur, K. S. Sandhu, A. P. Arora, and A. Sharma, "Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, no. 1, pp. 628–632, Jun. 2015, doi: 10.1016/J.LWT.2014.02.039.
- [33] D. J. Baer and J. A. Novotny, "Metabolizable Energy from Cashew Nuts is Less than that Predicted by Atwater Factors," *Nutrients*, vol. 11, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.3390/NU11010033.
- [34] A.-N. Syifahaque, S. Siswanti, and W. Atmaka, "Pengaruh Substitusi Tepung Sorgum terhadap Karakteristik Kimia, Fisika, dan Organoleptik Cookies dengan Alpukat sebagai Substitusi," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 15, no. 2, p. 119, Feb. 2023, doi: 10.20961/jthp.v15i2.57912.
- [35] W. Ngaha Damndja, E. S. Ngangoum, C. Saidou, and S. Mohamadou, "Formulation of three infant foods from plantain flour fortified with sesame (*Sesamum indicum*), Soya bean (*Glycine max*) and cashew nut (*Anacardium occidentale* L.)," *Food Chemistry Advances*, vol. 3, p. 100313, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.FOCHA.2023.100313.
- [36] D. Chen, Y. Shu, J. Chen, and X. Cao, "Preparation and in vitro bioactive evaluation of cashew-nut proteins hydrolysate as a potential source of anti-allergy peptides," *J Food Sci Technol*, vol. 58, no. 10, p. 3780, Oct. 2021, doi: 10.1007/S13197-020-04838-Z.
- [37] P. P.-V. del Mercado, L. Mojica, and N. Morales-Hernández, "Protein Ingredients in Bread: Technological, Textural and Health Implications," *Foods*, vol. 11, no. 16, p. 2399, Aug. 2022, doi: 10.3390/FOODS11162399.
- [38] H. A. R. Suleria, C. J. Barrow, and F. R. Dunshea, "Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels," *Foods*

2020, *Vol. 9, Page 1206*, vol. 9, no. 9, p. 1206,
Sep. 2020, doi: 10.3390/FOODS9091206.
[39] M. Wei, M. Tang, L. Wang, X. Cheng, Y. Wu,
and J. Ouyang, "Endogenous bioactive

compounds of naked oats (*Avena nuda* L.)
inhibit α -amylase and α -glucosidase activity,"
LWT, vol. 149, p. 111902, Sep. 2021, doi:
10.1016/J.LWT.2021.111902.