



PENINGKATAN MUTU GIZI MI BERBAHAN SAGU DAN KACANG BOGOR SEBAGAI ALTERNATIF MAKANAN BERINDEKS GLIKEMIK RENDAH

DESY RIANITA TARIGAN



**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN GIZI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Peningkatan mutu gizi mi berbahan sagu dan kacang bogor sebagai alternatif makanan berindeks glikemik rendah” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Desy Rianita Tarigan
I1504231008



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

DESY RIANITA TARIGAN. Peningkatan mutu gizi mi berbahan sagu dan kacang bogor sebagai alternatif makanan berindeks glikemik rendah. Dibimbing oleh ENY PALUPI dan RIMBAWAN.

Diabetes melitus tipe 2 merupakan masalah kesehatan global yang terus meningkat. Pada tahun 2021 terdapat sekitar 537 juta orang dewasa di dunia menyandang diabetes dan diperkirakan meningkat menjadi 783 juta pada tahun 2045. Di Indonesia, prevalensi diabetes mencapai 11,7%. Salah satu faktor yang berperan dalam perkembangan diabetes melitus tipe 2 adalah pola makan, khususnya konsumsi pangan yang mengandung karbohidrat yang dapat mempengaruhi peningkatan kadar glukosa darah. Karakteristik kemampuan pangan dalam meningkatkan kadar glukosa darah berkaitan dengan nilai Indeks Glikemik (GI) dan Beban Glikemik (GL) suatu pangan. Pola konsumsi pangan dengan nilai GI atau GL yang tinggi diketahui dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa dan insulin dalam darah setelah makan. Apabila kondisi ini terjadi secara berulang dalam jangka panjang, maka dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan metabolisme glukosa yang berkontribusi terhadap perkembangan diabetes melitus tipe 2. Oleh karena itu, pengembangan produk pangan dengan indeks glikemik rendah menjadi salah satu strategi dalam mendukung pola makan yang lebih sehat serta membantu mengendalikan kadar glukosa darah. Indeks glikemik (IG) merupakan indikator seberapa cepat atau lambat suatu bahan pangan yang mengandung karbohidrat mampu meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi. Selain itu, jenis dan jumlah karbohidrat dalam bahan pangan secara langsung juga memengaruhi indeks glikemik dan dapat mencerminkan respons insulin terhadap bahan pangan tersebut.

Mi merupakan pangan yang sangat populer di Indonesia, namun sebagian besar masih berbasis tepung terigu impor sehingga diperlukan pemanfaatan bahan pangan lokal seperti sagu. Kelemahan mi sagu adalah kandungan protein yang rendah dan tekstur yang kurang baik, sehingga dilakukan penambahan tepung kacang bogor yang kaya protein, serat, dan memiliki IG rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung kacang bogor 40% meningkatkan kadar protein sebesar 9,70%, serat pangan hingga 11,05% dan karbohidrat 77,31%. Total pati 61,64% dengan kadar pati resisten 11,94%. Sifat fisik mi menunjukkan waktu pemasakan 5–8 menit, nilai cooking loss 8,72–15,18%, dan nilai firmness 2049,9–5406,6 gf. Pengujian respon glikemik secara *in vivo* pada 10 subjek sehat menunjukkan bahwa mi sagu dan kacang bogor memiliki respon glikemik lebih rendah dibandingkan glukosa murni. Nilai indeks glikemik mi sagu sebesar $56 \pm 1,6$, formula terpilih (60% sagu : 40% kacang bogor) sebesar $49 \pm 1,19$, dan mi sagu komersial sebesar $46 \pm 1,12$, yang termasuk dalam kategori IG rendah (≤ 55). Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi mi tepung sagu dan tepung kacang bogor berpotensi menghasilkan produk mi dengan kualitas gizi lebih baik dan indeks glikemik rendah, sehingga berpotensi mendukung pola makan yang lebih sehat.

Kata kunci: Diabetes melitus, indeks glikemik, kacang bogor, serat, sagu



SUMMARY

DESY RIANITA TARIGAN. Nutritional quality improvement of sago and Bambara groundnut noodles as an alternative low glycemic index food. Supervised by ENY PALUPI and RIMBAWAN.

Type 2 Diabetes Mellitus is a growing global health problem. In 2021, approximately 537 million adults worldwide were living with diabetes, and this number is projected to increase to 783 million by 2045. In Indonesia, the prevalence of diabetes has reached 11.7%. One of the factors contributing to the development of type 2 diabetes mellitus is dietary pattern, particularly the consumption of carbohydrate-containing foods that can influence blood glucose levels. The ability of foods to raise blood glucose levels is associated with their Glycemic Index (GI) and Glycemic Load (GL) values. Diets characterized by high GI or GL foods are known to cause rapid increases in postprandial blood glucose and insulin levels. When this condition occurs repeatedly over a long period, it may increase the risk of impaired glucose metabolism, thereby contributing to the development of type 2 diabetes mellitus. Therefore, the development of low-glycemic-index food products has become an important strategy for promoting healthier dietary patterns and helping to control blood glucose levels. The Glycemic Index (GI) is an indicator of how quickly or slowly a carbohydrate-containing food raises blood glucose levels after consumption. Furthermore, both the type and amount of carbohydrates in a food directly affect its glycemic index and may reflect the corresponding insulin response.

Noodles are a highly popular food in Indonesia; however, most noodle products are still made from imported wheat flour. Consequently, the utilization of local food resources such as sago has gained increasing attention. One limitation of sago noodles is their low protein content and less desirable texture. To overcome these drawbacks, Bambara groundnut flour was incorporated due to its high protein and dietary fiber contents, as well as its low glycemic index. Research findings demonstrated that the addition of 40% Bambara groundnut flour increased protein content to 9.70%, dietary fiber to 11.05%, and carbohydrate content to 77.31%. The total starch content was 61.64%, with resistant starch accounting for 11.94%. The physical properties of the noodles showed a cooking time of 5–8 minutes, cooking loss values ranging from 8.72% to 15.18%, and firmness values between 2049.9 and 5406.6 gf. An in vivo glycemic response test involving 10 healthy subjects revealed that sago–Bambara groundnut noodles produced a lower glycemic response than pure glucose. The glycemic index values were 56 ± 1.6 for sago noodles, 49 ± 1.19 for the selected formulation (60% sago : 40% Bambara groundnut flour), and 46 ± 1.12 for commercial sago noodles. These values fall within the low GI category (≤ 55). The results indicate that the combination of sago flour and Bambara groundnut flour has the potential to produce noodles with improved nutritional quality and a low glycemic index, thereby supporting healthier dietary habits.

Keywords: Bambara groundnut, dietary fiber, diabetes mellitus, glycemic index, sago.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENINGKATAN MUTU GIZI MI BERBAHAN SAGU DAN KACANG BOGOR SEBAGAI ALTERNATIF MAKANAN BERINDEKS GLIKEMIK RENDAH

DESY RIANITA TARIGAN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Gizi

**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN GIZI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Zuraidah Nasution, S.T.P., M.Sc., Ph.D.

Judul Tesis : Peningkatan Mutu Gizi Mi Berbahan Sagu dan Kacang Bogor
sebagai Alternatif Makanan Berindeks Glikemik Rendah
Nama : Desy Rianita Tarigan
NIM : I1504231008

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. agr. Eny Palupi, S.T.P., M.Sc.



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Rimbawan

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Rimbawan
NIP 19620406 1986031 002

Dekan Fakultas Kedokteran dan Gizi
Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM., MMIS., MBA., FRANZCOG.,
Sp. OG.
NPI 202501197205091001




Tanggal Ujian: 31 Maret 2026

Tanggal Lulus: 09 JUN 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai Oktober 2025 ini ialah Pengembangan Produk dengan judul “Peningkatan Mutu Gizi Mi Berbahan Sagu dan Kacang Bogor sebagai Alternatif Makanan Berindeks Glikemik Rendah”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tesis ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. agr. Eny Palupi, S.T.P., M.Sc. dan Prof. Dr. Rimbawan selaku komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran, dukungan, serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik;
2. Orang tua tercinta bapak Model Tarigan dan ibu Yumirni Duasing yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, kasih sayang dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan;
3. Bapak Alit Pangestu yang telah memberikan berbagai fasilitas bantuan dan dukungan analisis gizi mi sagu dan kacang bogor;
4. Yoanita Rosa Indrining Tyas, Sharon Ingsie, Renata Pangkerego dan Mahlinda Rizani selaku tim penelitian mi sagu dan kacang bogor yang berkontribusi dan membantu dalam pelaksanaan penelitian dan berbagi ilmu penelitian;
5. Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) yang telah memberikan dukungan dalam bentuk pendanaan penelitian melalui program BIMA skema Program Tesis Magister (PTM);
6. Tim enumerator dan seluruh responden penelitian mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor yang telah berkontribusi membantu dalam seluruh proses pengumpulan data penelitian;
7. Segenap laboran dan teknisi laboratorium Teh Ine, Mas Satrio, Ibu Omi, Nadira, Pak Junaedi serta staff administrasi akademik dan kemahasiswaan, Teh Sarifah dan Teh Aisyah yang telah membantu dalam hal administrasi dan teknis penelitian;
8. Teman-teman seperjuangan Magister Ilmu Gizi IPB 2023-2024 dan teman-teman yang ikut berpartisipasi dalam penelitian, serta teman-teman yang berkontribusi dalam membantu pelaksanaan penelitian.

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan dalam tesis ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Desy Rianita Tarigan



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Faktor Resiko Diabetes Melitus Tipe 2	4
2.2 Pengembangan Produk Mi Sebagai Pangan Olahan Sumber Serat	4
2.3 Sagu dan Kandungan Gizi	5
2.4 Kacang Bogor dan Kandungan Gizi	6
2.5 Pengertian dan Faktor yang Mempengaruhi Indeks Glikemik (IG)	7
III METODE	9
3.1 Desain, Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat	10
3.3 Bahan	10
3.4 Rancangan Percobaan	10
3.5 Sampel dan Subjek Penelitian	11
3.6 Tahapan Penelitian	11
3.7 Proses Pembuatan Mi Sagu dan Kacang Bogor	14
3.8 Analisis Sifat Fisik	14
3.9 Analisis Kandungan Gizi	15
3.10 Prosedur uji indeks glikemik (ISO 2010; 26642)	16
3.11 Analisis Data	18
3.12 Definisi Operasional	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Formulasi Mi Sagu dan Kacang Bogor	19
4.2 Kandungan Gizi Mi Berbahan Sagu dan Kacang Bogor	21
4.3 Komponen Pati Mi Berbahan Dasar Sagu dan Kacang Bogor	25
4.4 Bentuk dan Ukuran Granula tepung sagu	28
4.5 Bentuk dan ukuran granula tepung kacang bogor	29
4.6 Analisis Scanning Electron Microscopy pada Mi Instan Sagu dan Kacang Bogor	30
4.7 Sifat Fisik Mi Sagu dan Kacang Bogor	31
4.8 Penentuan Formula Terpilih Mi Sagu dan Kacang Bogor	33
4.9 Respon glikemik dan indeks glikemik mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor	34
4.10 Beban Glikemik mi berbahan sagu dan kacang bogor	38
V SIMPULAN DAN SARAN	40



5.1	Simpulan	40
5.2	Saran	40

DAFTAR PUSTAKA	41
----------------	----

LAMPIRAN	49
----------	----

RIWAYAT HIDUP	61
---------------	----



DAFTAR TABEL

1	Kandungan zat gizi sagu per 100 g	6
2	Kandungan zat gizi kacang bogor per 100 g	7
3	Percobaan formulasi mi sagu dan kacang bogor dengan beberapa varia	13
4	Estimasi kandungan gizi mi sagu dan kacang bogor	13
5	Formula mi sagu dan kacang bogor	13
6	Penampakan mi berbahan sagu dan kacang bogor	19
7	Hasil optimalisasi pengembangan produk mi sagu dan kacang bogor	20
8	Kandungan gizi mi sagu dan kacang bogor	21
9	Komponen pati mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor	26
10	<i>Cooking time, Cooking Loss dan Firmness</i>	32
11	Warna mi sagu dan kacang bogor	33
12	Karakteristik subjek penelitian	34
13	Respon glikemik mi sagu dan kacang bogor	35
14	Nilai indeks glikemik mi sagu dan kacang bogor	37

DAFTAR GAMBAR

1	Sagu	6
2	Kacang bogor	6
3	Desain penelitian	9
4	Diagram alir pembuatan tepung kacang Bogor	12
5	Proses pembuatan mi berbahan sagu dan kacang bogor	14
6	Bentuk dan ukuran granula sagu	29
7	Bentuk dan ukuran granula kacang bogor	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Analisis sifat fisik	50
2	Lampiran 2 Analisis kimia	51
3	Lampiran 3 Kuesioner	56
4	Lampiran 4 Nilai indek glikemik	59



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

International Diabetes Federation mencatat, jumlah penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 di dunia terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2021 tercatat sekitar 537 juta orang dewasa, atau lebih dari 10% populasi dunia, menderita diabetes melitus, dan jumlah tersebut diproyeksikan meningkat menjadi sekitar 783 juta pada tahun 2045. Indonesia, prevalensi diabetes menunjukkan angka yang cukup tinggi. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melalui Survei Kesehatan Indonesia (2023), prevalensi diabetes mencapai 11,7%. Tingginya prevalensi diabetes melitus menjadikan penyakit diabetes melitus sebagai salah satu masalah kesehatan yang memerlukan perhatian khusus. Diabetes melitus tipe 2 merupakan penyakit metabolik kronik yang ditandai terjadinya disfungsi sel β pankreas yang menyebabkan sekresi insulin tidak mencukupi untuk mengatasi kondisi resistensi insulin dalam tubuh (Lan *et al.* 2025). Kondisi tersebut mengakibatkan terganggunya pengaturan kadar glukosa darah sehingga menyebabkan hiperglikemia. Hiperglikemia dalam jangka panjang dapat menimbulkan berbagai komplikasi metabolik serta meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (Elsayed *et al.* 2023).

Salah satu faktor yang berperan dalam perkembangan diabetes melitus tipe 2 adalah pola makan, khususnya konsumsi pangan yang mengandung karbohidrat yang dapat mempengaruhi peningkatan kadar glukosa darah (Sheard *et al.* 2018). Karakteristik kemampuan pangan dalam meningkatkan kadar glukosa darah berkaitan dengan nilai Indeks Glikemik (GI) dan Beban Glikemik (GL) suatu pangan (Daren *et al.* 2020). Pola konsumsi pangan dengan nilai GI atau GL yang tinggi diketahui dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa dan insulin dalam darah setelah makan (Barclay *et al.* 2021). Apabila kondisi ini terjadi secara berulang dalam jangka panjang, maka dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan metabolisme glukosa yang berkontribusi terhadap perkembangan diabetes melitus tipe 2. Oleh karena itu, pengembangan produk pangan dengan indeks glikemik rendah menjadi salah satu strategi dalam mendukung pola makan yang lebih sehat serta membantu mengendalikan kadar glukosa darah. Indeks glikemik (IG) merupakan indikator seberapa cepat atau lambat suatu bahan pangan yang mengandung karbohidrat mampu meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi. Selain itu, jenis dan jumlah karbohidrat dalam bahan pangan secara langsung juga memengaruhi IG, dan IG dapat mencerminkan respons insulin terhadap bahan pangan tersebut (Rimbawan 2007). Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks glikemik adalah pati resisten (Fathurrizqia dan Panggual 2015), perbandingan amilosa dan amilopektin, proses pengolahan (ukuran partikel dan tingkat gelatinisasi pati), kadar serat, kadar protein dan lemak serta kadar anti gizi pangan (Rimbawan dan Siagian 2004).

Mi merupakan salah satu produk yang sangat digemari masyarakat Indonesia karena memiliki berbagai varian rasa, cara pengolahan yang praktis serta harganya yang terjangkau (Wibowo *et al.* 2024). Hal ini dibuktikan dengan data Riset Kesehatan Dasar tahun 2018 yang menunjukkan bahwa sebanyak 7,8% penduduk Indonesia memiliki kebiasaan konsumsi mi instan ≥ 1 bungkus setiap hari dan sebanyak 58,8% penduduk Indonesia memiliki kebiasaan konsumsi mi instan 1–6



bungkus per minggu (Kemenkes 2019). Selain itu, konsumsi mi instan di Indonesia pada tahun 2023 mengalami peningkatan sebesar 16,13% mencapai 14,54 juta bungkus dibandingkan tahun 2019 sebanyak 12,52 juta bungkus (WINA 2024). Tingginya konsumsi mi berbasis terigu menyebabkan ketergantungan terhadap bahan baku gandum impor, Indonesia bukan merupakan negara penghasil gandum. Oleh karena itu, diperlukan upaya diversifikasi bahan baku lokal yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti tepung terigu dalam pembuatan mi. Salah satu bahan pangan lokal yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku mi adalah Sagu. Sagu merupakan sumber karbohidrat yang melimpah di Indonesia dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif (Syartawidya 2022). Sagu (*Metroxylon sagu*) mengandung serat pangan sebesar 4,7 g per 100 g bahan, protein 0,09 g, per 100 g bahan, lemak 0,34 g dan karbohidrat 80,83 g per 100 g bahan (Kemenkes 2018). Namun, pemanfaatan sagu sebagai bahan baku dalam pembuatan mi memiliki kelemahan, yaitu mi berbahan tepung sagu memiliki kandungan protein yang rendah serta tekstur yang keras dan lengket (Agustia *et al.* 2016; Yuliani *et al.* 2015). Hal ini disebabkan karena tepung sagu tidak mengandung gluten. Gluten merupakan senyawa protein yang terdiri atas dua komponen yaitu glutenin dan gliadin, dimana kedua komponen tersebut berfungsi untuk meningkatkan viskositas dan elastisitas adonan sehingga membentuk struktur mi yang kenyal dan elastis (Mohammadi *et al.* 2022; Rakhmayati *et al.* 2023). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kandungan gizi dan memperbaiki tekstur mi sagu dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan pangan lain yang mengandung protein. Salah satu bahan pangan yang mengandung tinggi protein adalah kacang bogor yaitu dengan memanfaatkan kacang local yaitu kacang bogor. Kacang bogor (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) mengandung protein sebesar 16 g, serat 26,3 g per 100 g bahan (Kemenkes 2018). Kadar amilosa dari kacang bogor yaitu 35% (yao *et al.* 2015). Kacang bogor memiliki nilai indeks glikemik yang rendah, yaitu 40,1 menurut penelitian yang dilakukan oleh (Oyeyinka *et al.* 2017). Kandungan protein, serat pangan, dan amilosa yang tinggi dapat memperlambat proses pencernaan karbohidrat dan dapat menurunkan respons glikemik setelah konsumsi pangan (Arif *et al.* 2013; Trinidad *et al.* 2010). Oleh karena itu, pemanfaatan kacang bogor sebagai bahan tambahan pada mi berbahan dasar sagu berpotensi meningkatkan kandungan gizi dan menghasilkan produk mi dengan nilai indeks glikemik yang lebih rendah.

Beberapa penelitian telah mengkaji pemanfaatan sagu sebagai bahan baku mi dan penggunaan kacang-kacangan dalam produk pangan, kombimi sagu dan kacang bogor dalam pembuatan mi dan pengaruhnya terhadap karakteristik fisik, kandungan gizi, dan nilai indeks glikemik masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan tepung kacang bogor pada mi berbahan dasar sagu terhadap karakteristik fisik, kandungan gizi dan nilai indeks glikemik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, ditentukan mengenai nilai indeks glikemik serta beberapa faktor penentu indeks glikemik dari mi berbahan dasar sagu dengan tiga formulasi penambahan tepung kacang bogor. Maka rumusan pokok-pokok permasalahan yang akan menjadi fokus penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana mendapatkan formula yang tepat dalam pembuatan mi berbahan sagu, dan kacang bogor?
- b. Bagaimana karakteristik sagu dan kacang bogor?
- c. Bagaimana sifat fisik mi berbahan sagu dan kacang bogor?
- d. Bagaimana kandungan energi, karbohidrat, protein, lemak, kadar air, kadar abu, pati resisten, amilosa dan amilopektin mi berbahan sagu dan kacang bogor?
- e. Bagaimana nilai indeks glikemik dan beban glikemik mi berbahan sagu dan kacang kacang bogor?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk pangan berbahan sagu dan kacang bogor untuk membantu mengendalikan kadar glukosa darah.

1.3.2 Tujuan khusus

Secara khusus penelitian ini bertujuan sebagai berikut pengembangan serta mengkaji karakteristik, sifat fisik, kandungan gizi, amilosa, amilopektin, pati resisten, indeks glikemik dan beban glikemik:

- a. Mengembangkan formula mi berbahan sagu dan kacang bogor.
- b. Mengkaji karakteristik tepung sagu dan kacang bogor.
- c. Mengkaji sifat fisik mi berbahan sagu dan kacang bogor.
- d. Mengkaji kandungan energi, karbohidrat, protein, lemak, karbohidrat, kadar amilosa, kadar amilopektin dan kadar pati resisten.
- e. Mengkaji nilai indeks glikemik dan beban glikemik mi berbahan sagu dan kacang bogor.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sagu dan kacang bogor yang dapat dikembangkan menjadi produk pangan olahan untuk mengendalikan kadar glukosa darah. Manfaat penelitian ini bagi pemerintah, dapat menjadi acuan dalam mengembangkan potensi sagu dan kacang bogor sebagai komoditas pangan lokal dan memperkaya informasi nilai indeks glikemik produk. Bagi instansi pendidikan, penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat di bidang pangan, gizi dan kesehatan.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah mi berbahan dasar tepung sagu dan kacang bogor dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah dan memiliki kandungan serat, pati resisten, dan amilosa yang tinggi, serta amilopektin yang rendah, indeks glikemik yang rendah, dan beban glikemik yang rendah.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Faktor Resiko Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus Tipe 2 (T2DM) merupakan gangguan metabolik kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah yang disebabkan karena gangguan sekresi insulin oleh sel β pankreas dan resistensi insulin pada jaringan perifer yaitu otot, hati, dan jaringan adiposa. Gangguan sekresi insulin menyebabkan produksi insulin yang tidak mencukupi, oleh karena itu, terjadi resistensi insulin yang menyebabkan glukosa sulit masuk ke sel dan berada dalam aliran darah (Singh *et al.* 2024). Tingginya kadar glukosa darah akan menginduksi efek peradangan melalui stres oksidatif dengan peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang pada akhirnya menjadi faktor yang merugikan mengarah ke resistensi insulin dan patogenesis diabetes melitus tipe 2 (Gallicia 2020).

Faktor risiko Diabetes Melitus Tipe 2 (T2DM) meliputi faktor genetik, gangguan metabolisme, obesitas, rendahnya aktivitas fisik dan pola makan tidak sehat. Faktor genetik tidak dapat diubah, studi epidemiologi menunjukkan bahwa T2DM dapat dicegah melalui perbaikan gaya hidup, termasuk peningkatan aktivitas fisik dan pola makan yang sehat (Gallicia 2020). Kunci utama terapi diet DM tipe 2 adalah diet dan modifikasi gaya hidup, olahraga dan puasa (Stanhope *et al.* 2009). Terapi diharapkan membantu menurunkan berat badan dan meningkatkan kontrol glikemik, rekomendasi diet bagi penderita DM antara lain mengkonsumsi makanan tinggi serat, membatasi asupan kalori dan lemak (Dyson *et al.* 2011) serta meningkatkan asupan pati resisten dan tinggi amilosa (Evert *et al.* 2014).

2.2 Pengembangan Produk Mi Sebagai Pangan Olahan Sumber Serat

2.2.1 Definisi dan proses pengolahan mi

Mi merupakan produk pangan yang dibuat dari bahan baku utama tepung terigu dengan atau tanpa bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diizinkan (BSN 2015). Terdapat tiga macam jenis mi, yaitu mi basah, mi kering, dan mi instan. Secara umum, proses pengolahan mi terdiri dari tahap pencampuran bahan, pembuatan adonan, pencetakan lembaran (*sheeting*), pembuatan untaian (*slitting*), dan pemotongan (*cutting*) berbentuk khas mi dengan atau tanpa mengalami proses pemasakan (perebusan atau pengukusan (BSN 2015). Proses pengolahan mi untuk diperjualbelikan harus memenuhi persyaratan standar mutu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 3551-2018) (BSN 2018).

2.2.2 Regulasi klaim produk pangan olahan sumber serat

Berdasarkan Peraturan BPOM Nomor 1 tahun 2022 mengenai Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan, persyaratan untuk mencantumkan klaim pada pangan olahan adalah asupan per sajian tidak lebih dari 18 g lemak total, 6 g lemak jenuh, 60 mg kolesterol dan 300 mg natrium. Suatu produk pangan dapat diklaim sebagai produk pangan sumber serat apabila

mengandung serat pangan minimal sebesar 3 g per 100 g dalam bentuk padat, sedangkan suatu produk pangan dapat diklaim sebagai produk pangan sumber serat apabila mengandung serat pangan minimal sebesar 6 g per 100 g dalam bentuk padat. Berdasarkan Peraturan BPOM Nomor 22 tahun 2019 mengenai Informasi Nilai Gizi Pada Pangan Olahan, kandungan serat pangan wajib dicantumkan pada label pangan olahan jumlah yang terkandung lebih dari 0,5 g per sajian dan dalam persentase AKG. Apabila kandungan serat pangan kurang dari 0,5 g per sajian maka ditulis sebesar 0 g dan apabila kandungan serat pangan lebih dari 0,5 g per sajian maka dibulatkan ke kelipatan 1 g terdekat. Persentase AKG dihitung berdasarkan kebutuhan energi untuk kelompok umum, yaitu sebesar 2150 kkal.

2.2.3 Konsumsi mi di Indonesia

Mi menjadi makanan yang banyak dikonsumsi dan digemari oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan data *World Instant Noodles Association* (WINA) tahun 2022, Indonesia menduduki peringkat kedua terbesar di dunia dengan jumlah konsumsi mi instan sebanyak 14,54 miliar porsi per tahunnya. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar tahun 2018, sebanyak 7,8% penduduk Indonesia memiliki kebiasaan konsumsi mi instan ≥ 1 bungkus setiap hari dan sebanyak 58,8% penduduk Indonesia memiliki kebiasaan konsumsi mi instan 1–6 bungkus per minggu.

2.2.4 Tantangan dalam pengembangan produk mi

Besarnya permintaan dan konsumsi mi di Indonesia menjadi peluang untuk melakukan pengembangan produk mi. Akan tetapi, kandungan gizi yang tidak seimbang masih menjadi salah satu tantangan dalam proses pengembangan produk mi, dimana kandungan serat yang terkandung pada satu bungkus mi komersial hanya berkisar 2% (Bayomy dan Alamri 2022). Oleh karena itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kandungan gizi mi adalah dengan memanfaatkan bahan pangan lokal yang mengandung tinggi serat, seperti sagu dan kacang bogor. Oleh karena itu, pengembangan mi berbahan sagu dan kacang bogor dapat menjadi salah satu alternatif produk pangan sumber serat yang memiliki manfaat kesehatan.

2.3 Sagu dan Kandungan Gizi

Sagu (*Metroxilan Sago Rottb*) merupakan jenis bahan pangan yang banyak tumbuh di daerah Indonesia bagian timur termasuk Sulawesi Tengah. Pemanfaatan sagu di Indonesia pada umumnya masih dalam bentuk pangan tradisional, misalnya dikonsumsi dalam bentuk makanan olahan *papeda*, *sagu lempeng*, *sinoli*, *sagu bakar*, *kapurung* dan *sinonggi* (Susanti *et al.* 2025). Sagu memiliki kandungan energi yang memadai dan keunggulan sebagai sumber serat (Syartiwidya 2019) dan kadar pati resisten tinggi (11%) (Purwani 2011) gambar sagu bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sagu

Produk olahan sagu antara lain beras analog sagu mengandung pati resisten 2,25% (Wahjuningsih *et al.* 2016), pada mi sagu berkisar 7,55-9,45 mg/g lebih tinggi dibandingkan mi terigu yaitu 2,44 mg/g (Haliza *et al.* 2006). Hal ini mengindikasikan bahwa sagu berpotensi sebagai sumber pati resisten yang berperan memperlambat penyerapan glukosa dan mengurangi kenaikan glukosa darah postprandial dan insulin (Higgins 2014). Kandungan zat gizi sagu per 100 g dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan zat gizi sagu per 100 g

Kandungan Zat Gizi	Satuan	Sagu
Energi	kcal	347
Protein	g	0,9
Lemak	g	0,3
Karbohidrat	g	85,2
Serat	g	4,7
Kalsium	mg	30
Fosfor	mg	30
Besi	mg	0,2
Natrium	mg	11
Tembaga	mg	0,10
Seng	mg	0,1
Thiamin	mg	0,30

Sumber: Kemenkes (2018)

2.4 Kacang Bogor dan Kandungan Gizi

Kacang bogor (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) atau lebih dikenal dengan nama kacang bogor, memiliki keunggulan dan berpotensi dijadikan pangan fungsional di Indonesia. Produksi kacang bogor di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 1.524 ton per hektar polong basah atau 2.881 ton per hektar kacang kering (Ramadhani dan Soleh 2018). Gambar kacang bogor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kacang bogor

Selain berpotensi dijadikan sebagai pangan fungsional, kacang bogor memiliki kandungan protein dan juga serat yang tinggi (Yao *et al.* 2015). Kacang bogor memiliki kandungan pati resisten yang tinggi dibandingkan kacang tanah, kacang kedelai, kacang merah dan kacang hijau yaitu 17,56% (Aikulola *et al.* 2023). Berikut kandungan zat gizi kacang bogor per 100 g dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kandungan zat gizi kacang bogor per 100 g

Kandungan zat gizi	Satuan	Kacang Bogor
Energi	kcal	370
Protein	g	16,0
Lemak	g	6,0
Karbohidrat	g	65,0
Serat	g	26,3
Kalsium	mg	85
Fosfor	mg	264
Besi	mg	4,2
Natrium	mg	44
Kalium	mg	868,8
Tembaga	mg	1,48
Seng	mg	2,7
Thiamin	mg	0,18
Riboflavin	mg	0,26
Niasin	mg	6,2

Sumber: Kemenkes (2018)

2.5 Pengertian dan Faktor yang Mempengaruhi Indeks Glikemik (IG)

Indeks glikemik didefinisikan sebagai rasio antara luas kurva respon glukosa makanan yang mengandung karbohidrat total setara 50 g terhadap luas kurva respon glukosa setelah mengkonsumsi 50 g glukosa murni (Truswell 1992; Rimbawan dan Siagian 2004). Nilai glukosa murni ditetapkan pada angka 100 sebagai standar pengukuran (ISO 26640, 2010). Nilai indeks glikemik bahan pangan dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu bahan pangan dengan indeks glikemik rendah ($IG < 55$), indeks glikemik sedang ($55-70$) dan indeks glikemik tinggi ($IG > 70$) (Ostman 2001; ISO (26640/2010)).

2.5.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks glikemik

1. Kadar lemak dan protein

Kadar lemak dan protein pada makanan yang tinggi dapat menurunkan respons glikemik (Elham *et al.* 2023). Kadar lemak dan protein dapat memperlambat proses pengosongan lambung serta merangsang sekresi insulin, sehingga penyerapan glukosa ke dalam aliran darah berlangsung lebih lambat (Pi *et al.* 2021; Nuttall *et al.* 2022). Kandungan protein minimal 30 g per 50 g karbohidrat dapat membantu menurunkan IG, sementara untuk lemak dibutuhkan 50 g per 50 g karbohidrat (Arif *et al.* 2013; Gunathilaka dan Ekanayake 2015).

2. Serat pangan

Serat pangan terdiri dari dua komponen yaitu serat larut dan tidak larut (Tsitsou *et al.* 2023). Serat pangan larut berfungsi memperlambat pencernaan di dalam usus dan memperlambat laju peningkatan glukosa darah. Kandungan serat pangan yang tinggi berkontribusi pada nilai IG yang rendah karena serat dapat memperlambat laju makanan dalam saluran pencernaan dan menghambat aktivitas enzim pencernaan (Tsitsou *et al.* 2023).

3. Kadar amilosa dan amilopektin

Amilosa dan amilopektin adalah dua fraksi yang membentuk granula pati. Semakin tinggi kandungan amilosa, semakin lambat pencernaannya sehingga menghasilkan IG yang lebih rendah. Amilosa berperan penting terhadap proses gelatinisasi yang berkaitan dengan IG (Argasasmita 2008; Arif *et al.* 2013; Indrasari *et al.* 2008). Widowati *et al.* (2009) menemukan bahwa kadar amilosa yang tinggi dapat menurunkan IG, sedangkan kadar amilosa yang rendah dapat meningkatkan IG.

4. Pati resisten

Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan di usus halus tidak langsung dihidrolisis menjadi glukosa (Afandi *et al.* 2021). Oleh karena itu, pati resisten dalam pangan dapat menurunkan respons glikemik dan nilai indeks glikemik karena proses pencernaan pati dan pelepasan glukosa ke dalam aliran darah berlangsung lebih lambat. Pati dapat menjadi resisten terhadap pencernaan ketika terlindungi oleh dinding sel tanaman yang masih utuh (resistant starch type 1), memiliki kandungan amilosa yang tinggi (resistant starch type 2), mengalami proses retrogradasi setelah pemanasan dan pendinginan (resistant starch type 3), atau melalui modifikasi kimia (resistant starch type 4) (Pugh *et al.* 2023).

5. Daya cerna pati

Daya cerna pati adalah kemudahan molekul pati untuk dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil oleh enzim. Gelatinisasi pati yang sempurna menyebabkan luas permukaan granula pati meningkat sehingga lebih banyak kontak dengan enzim pencernaan dan kadar gula darah meningkat lebih cepat (Rimbawan 2007; Arif *et al.* 2013). Pangan dengan daya cerna pati tinggi menghasilkan nilai IG yang tinggi pula (Argasasmita 2008; Hasan *et al.* 2011; Septianingrum *et al.* 2016). Sebaliknya, daya cerna pati yang rendah berarti hanya sedikit jumlah pati yang dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan dalam waktu tertentu sehingga kadar glukosa dalam darah tidak mengalami kenaikan secara drastis.

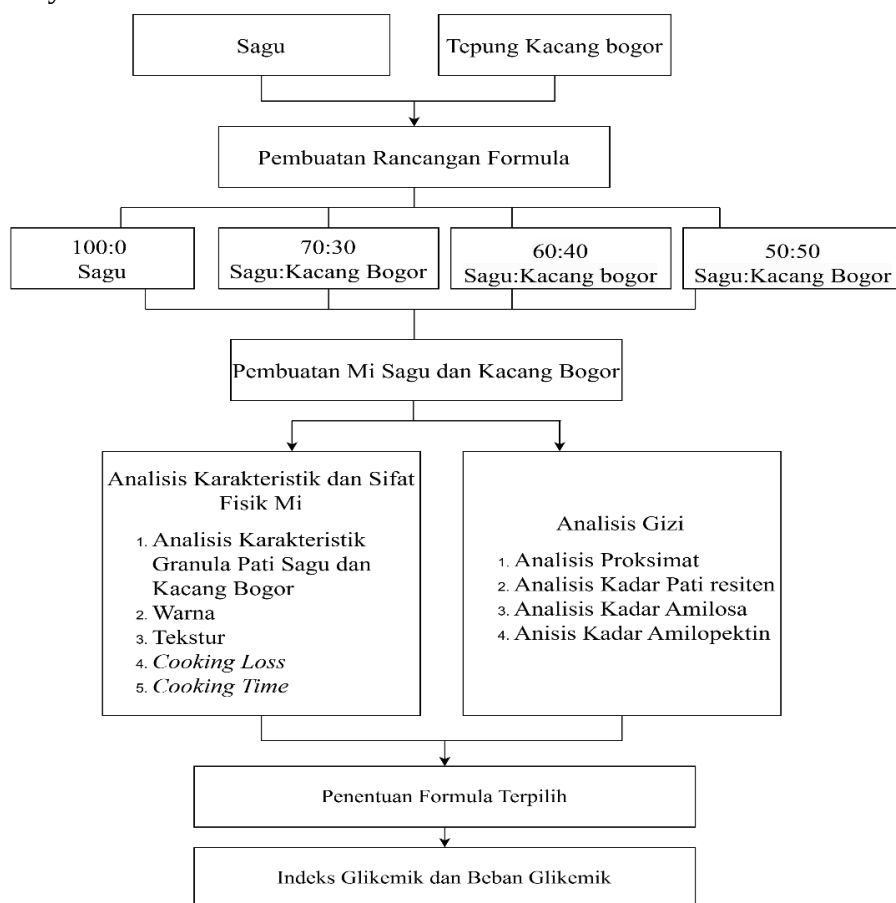
6. Proses pemasakan

Metode pengolahan makanan seperti pemanasan, pengukusan, perebusan, dan penggilingan dapat memengaruhi nilai IG. Metode pengolahan dapat mengubah sifat fisik dan kimia bahan pangan termasuk daya cerna dan ukuran pati (Arif *et al.* 2013). Memanaskan pati dengan air menyebabkan granula pati mengalami gelatinisasi dan membentuk butiran yang lebih mudah dicerna sehingga nilai IG menjadi lebih tinggi (Rimbawan 2007).

III METODE

3.1 Desain, Waktu dan Tempat Penelitian

Desain penelitian ini adalah eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Desain penelitian secara rinci disajikan pada Gambar 4. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2025 hingga November 2025 di beberapa laboratorium yang berbeda-beda. Pembuatan tepung kacang bogor, pembuatan mi sagu dan kacang bogor, dan pengujian sifat fisik dilaksanakan di Laboratorium Percobaan Makanan, Departemen Gizi Masyarakat IPB. Analisis sifat fisik mikrostruktur morfologi granula pati akan dilakukan di Laboratorium Advanced Research Laboratory, IPB University. Pengujian kadar proksimat dan serat pangan dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Analisis Pangan, Departemen Gizi Masyarakat IPB, pengujian tekstur dan kandungan amilosa dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Yogyakarta, pengujian kadar total pati dan pati resisten Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB. Pengujian indeks glikemik *in vivo* dengan subjek manusia dilakukan di Klinik Gizi Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB University.



Gambar 3 Desain penelitian

3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 1) pembuatan tepung kacang bogor dan pembuatan mi sagu dan kacang bogor terdiri dari wadah untuk menimbang, baskom, mangkok, sendok, panci, kompor, *drum dryer*, *pin disc mill*, *mesh*, gelas ukur, timbangan makanan digital, *pin mixer*, *roll press*, oven (Eyela NDO-400); 2) analisis cooking time dan cooking loss terdiri dari panci, sendok, pH meter, *stop watch*; 3) analisis sifat fisik terdiri dari *Chromameter* (AMTAST AMT511) dan *Texture Analyzer* (Imada FRTS); 4) analisis proksimat dan serat pangan terdiri dari oven (Eyela NDO-400), tanur (Nabertherm), *Soxhtec* (FOSS ST 43), *Kjeltech* (FOSS KT 200), *Digestor* (FOSS DT 208), *Fibertec* (FOSS TM 023), *Waterbath* (FOSS WB 1024), timbangan analitik, *vacuum filter*, cawan aluminium, cawan porselen, buret, statif, desikator, *stopwatch*, kaca arloji, tabung digesti, botol timbang, botol serat, pipet tetes, pipet mohr, pipet mikro, *rubber bulb*, gelas piala, corong *buchner*, labu saring, erlenmeyer, gegep, spatula/pengaduk kaca, *aluminium foil*, kertas saring (whatman no. 41), kertas lakmus biru, thimbel, pH meter, kompor listrik dan alat makan; 5) Uji Indeks Glikemik: glukometer, lancet, glucose strip, alcohol swab, nitrile gloves, botol larutan standar, alat makan, formulir/kuesioner, dan alat tul.

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pembuatan tepung kacang bogor dan pembuatan mi sagu dan kacang bogor terdiri dari tepung sagu yang diperoleh dari Banggai, Sulawesi Tengah sebanyak 20 kg. Kacang bogor yang diperoleh dari Bogor sebanyak 40 kg, garam, air, STPP. bahan yang dibutuhkan pada analisis laboratorium adalah sampel (mi sagu dan kacang bogor), air destilasi, larutan HCl 25%, N-heksana, K₂SO₄, CuSO₄ larutan asam borat H₃BO₃ 2%, larutan HCl 0.01N, NaOH 40%, H₂SO₄ pekat, larutan Na₂CO₃, larutan NH₂SO₄, etanol 95%, aseton, buffer fosfat, larutan NaOH 0.275N, larutan HCl 0,325N, 50 µL α amylase, 100 µL protease dan 200 µL amyloglukosidase.

3.4 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor perlakuan pada penelitian ini terdiri dari faktor tunggal yaitu perbandingan persentase substitusi tepung sagu dan tepung kacang bogor, dengan 4 taraf perlakuan yaitu F0 (100:0), F1 (70:30), F2 (60:40), F3 (50:50). Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali pengulangan secara simplo. Model matematis rancangan acak lengkap yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan

Y_{ij} : Nilai pengamatan respon sagu dengan penambahan kacang bogor (g) taraf ke-i pada ulangan ke-j

- i** : Perlakuan yang diberikan, taraf besar penambahan kacang bogor ($I = F_0, F_1, F_2, F_3$)
- j** : Ulangan j ($j=1,2,3$)
- μ** : Nilai rata-rata pengamatan
- τ_i** : Pengaruh besar penambahan kacang bogor pada taraf ke- i

3.5 Sampel dan Subjek Penelitian

3.5.1 Sampel penelitian

Sampel penelitian ini adalah mi sagu, mi sagu dan kacang bogor dan mi sagu komersial. sampel dalam keadaan utuh dan tidak rusak saat penelitian. Selain itu, mi juga harus dalam keadaan bersih dan tidak terdapat kotoran apapun.

3.5.2 Subjek penelitian

Penelitian ini melibatkan 10 subjek (ISO 26640, 2010), namun untuk mengantisipasi kemungkinan adanya data outlier atau subjek yang keluar (drop out) di tengah-tengah berlangsungnya penelitian, maka ditambahkan cadangan subjek sebanyak 20%. Oleh karena itu, pada penelitian ini membutuhkan sebanyak 12 subjek. Adapun kriteria inklusi dalam pemilihan subjek penelitian adalah sebagai berikut:

1. Usia subjek penelitian berkisar antara 18–30 tahun
2. Memiliki indeks massa tubuh (IMT) normal (18,5–22,9 kg/m²)
3. Kadar glukosa darah puasa normal 70–100 mg/dl
4. Tidak memiliki alergi atau intoleransi makanan yang diketahui
5. Tidak ada obat yang diketahui memengaruhi toleransi glukosa, suplemen vitamin dan mineral atau obat untuk mengobati hipertensi atau osteoporosis dapat diterima

Sementara itu selain kriteria inklusi, terdapat kriteria eksklusi dalam pemilihan subjek dalam penelitian ini. Kriteria eksklusi tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Riwayat dan/atau memiliki keturunan diabetes melitus (DM)
2. Mengonsumsi obat antihiperglikemik atau insulin, dan/atau obat-obatan yang memengaruhi toleransi glukosa
3. Mengalami tindakan medis atau pembedahan besar 3 bulan sebelumnya
4. Memiliki penyakit/mengalami gangguan pencernaan
5. Mengonsumsi obat yang memengaruhi pencernaan dan penyerapan zat gizi, misalnya obat pencahar, obat pengontrol nafsu makan
6. Mengalami tekanan psikis atau stress berat
7. Aktif merokok
8. Mengonsumsi alkohol
9. Sedang dalam keadaan hamil dan/atau menyusui
10. Subjek memutuskan untuk keluar pada saat penelitian berlangsung

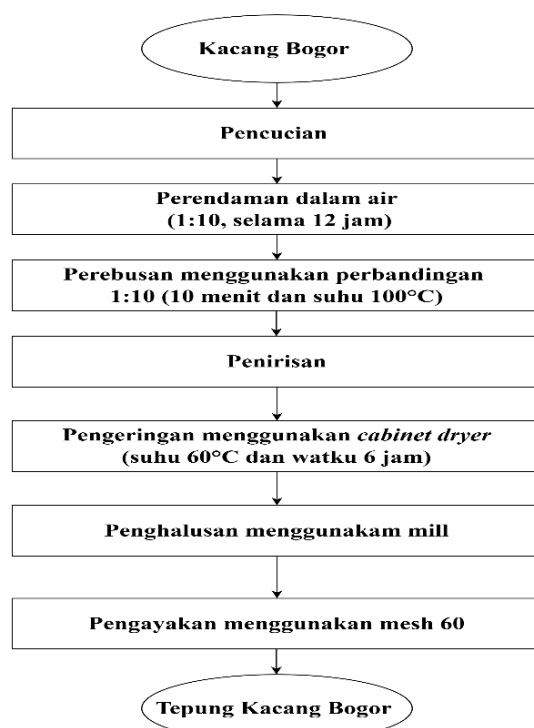
3.6 Tahapan Penelitian

Penelitian mi sagu dan kacang bogor dilakukan melalui beberapa tahap, meliputi (1) pembuatan tepung kacang bogor, (2) pembuatan rancangan formula mi

sagu dan kacang bogor, (3) pembuatan mi sagu dan kacang bogor, (4) analisis sifat dan karakteristik granula pati, (5) analisis kandungan zat gizi, (6) penentuan formula terpilih, (7) pengukuran indeks glikemik dan beban glikemik.

3.6.1 Proses pembuatan kacang bogor

Pembuatan tepung kacang bogor didasarkan pada penelitian Adeleke *et al.* (2017) dan Ariyantoro *et al.* (2021) yang telah dimodifikasi. Kacang bogor dicuci hingga bersih lalu direndam dalam air selama 12 jam, kemudian ditiriskan. Setelah itu dilakukan perebusan dalam air (1:10) pada suhu 100°C selama 30 menit, kemudian ditiriskan. Selanjutnya, bagian kulit luar kacang bogor dikupas kemudian dilakukan pengeringan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu 60°C selama 6 jam. Kacang yang telah kering dihaluskan menggunakan *pin disc mill*, setelah itu diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh hingga diperoleh tepung kacang bogor.



Gambar 4 Diagram alir pembuatan tepung kacang Bogor

Sumber: Modifikasi dari Adeleke *et al.* (2017) dan Ariyantoro *et al.* (2021)

3.6.2 Pembuatan rancangan formula mi sagu dan kacang bogor

Pembuatan rancangan formula mi sagu dan kacang bogor didasarkan pada penelitian Agustia *et al.* (2016) yang telah dimodifikasi. Rasio perbandingan sagu dan kacang bogor dipilih dengan mempertimbangkan hasil penelitian pendahuluan. Adapun hasil percobaan formulasi mi sagu dan kacang bogor dengan beberapa variasi rasio beserta hasil pengamatannya yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Percobaan formulasi mi sagu dan kacang bogor dengan beberapa variasi rasio beserta hasil pengamatannya

Formulasi (sagu:kacang bogor)	Hasil pengamatan secara kualitatif
0:100	tidak kokoh dan mudah patah
40:60	tidak kokoh dan mudah patah
50:50	kenyal, elastis, tidak lengket, agak mudah patah
60:40	kenyal, elastis, tidak lengket, tidak mudah patah
70:30	kenyal, elastis, tidak lengket, tidak mudah patah
80:20	keras dan agak lengket
100:0	keras dan sangat lengket

Rasio perbandingan sagu dan kacang bogor dipilih dengan mempertimbangkan hasil perhitungan estimasi kandungan gizi yang telah disesuaikan dengan persyaratan standar mutu mi instan (SNI 2018) dan klaim produk pangan olahan sumber serat (BPOM 2022). Berikut perhitungan estimasi kandungan gizi mi sagu dan kacang bogor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Estimasi kandungan gizi mi sagu dan kacang bogor

Formulasi	Kandungan gizi				
	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Serat (g)
F0 (100:0)	347	0,9	0,3	85,2	4,2
F1 (70:30)	353,8	6,45	1,9	83,4	8,4
F2 (60:40)	356,1	8,3	2,6	77,1	13,2
F3 (50:50)	358,4	10,15	3,2	75,1	15,3

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, perhitungan estimasi kandungan gizi dan didasari oleh resep agustia *et al* (2016) yang telah dimodifikasi. Didapatkan formula terbaik dipilih dari berbagai perbandingan sagu dan kacang bogor yakni 70:30 (F1); 60:40 (F2); 50:50 (F3) dan formula kontrol (F0) (100:0). Formulasi mi sagu dan kacang bogor disajikan dalam Tabel 5.

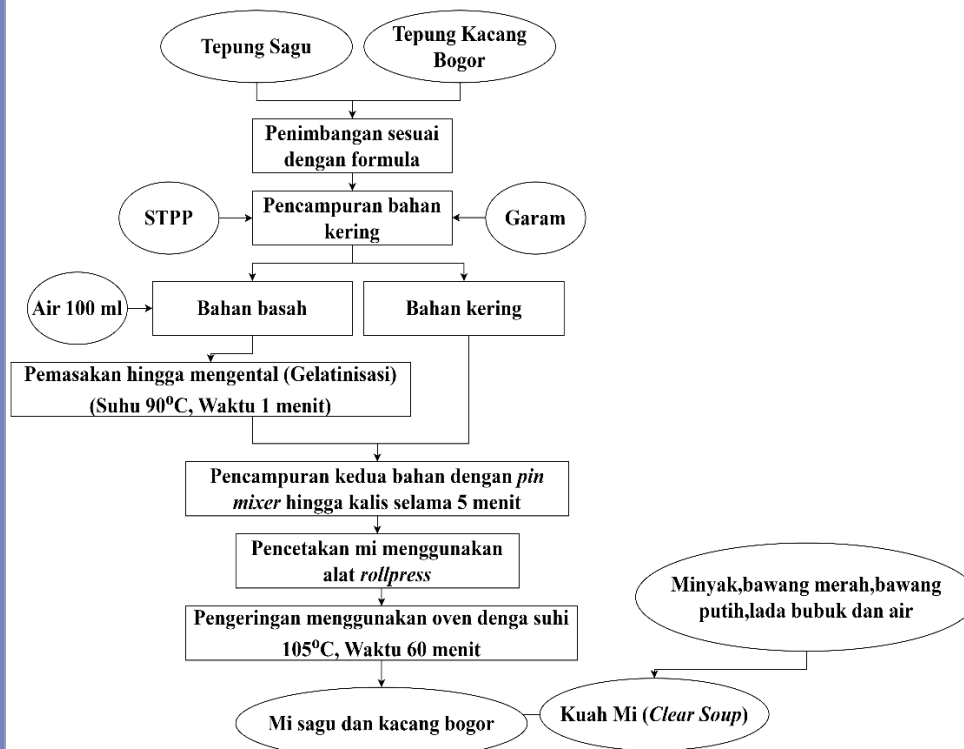
Tabel 5 Formula mi sagu dan kacang bogor

Bahan (g/%)	Perlakuan (sagu:kacang bogor)			
	F0 (100:0)	F1 (70:30)	F2 (60:40)	F3 (50:50)
Bahan utama				
Tepung sagu	100 (49,5)	70 (34,7)	60 (29,7)	50 (24,8)
Tepung kacang bogor	0	30 (14,9)	40 (19,8)	50 (24,8)
Bahan tambahan				
Garam	1 (0,5)	1 (0,5)	1 (0,5)	1 (0,5)
Sodium tripolyphosphate	1(0,5)	1 (0,5)	1 (0,5)	1 (0,5)
Air	100 (49,5)	100 (49,5)	100 (49,5)	100 (49,5)
Total	202 (100)	202 (100)	202 (100)	202 (100)

Sumber: Modifikasi dari Agustia *et al.* (2016)

3.7 Proses Pembuatan Mi Sagu dan Kacang Bogor

Pembuatan mi sagu dan kacang bogor mengacu pada metode Engelen dan Nurhafnita (2019) yang telah dimodifikasi. Diagram alir proses pembuatan mi berbahan sagu dan kacang bogor disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Proses pembuatan mi berbahan sagu dan kacang bogor

Sumber: Engelen dan Nurhafnita (2019); Fitriani *et al.* (2023)

Tepung sagu dan tepung kacang bogor dicampurkan dengan bahan lain, meliputi *sodium tripolyphosphate* 1 g, dan garam 1 g. Setelah itu, dilakukan proses gelatinisasi dengan cara mencampurkan 50% bahan kering dengan 100 ml air, selanjutnya campuran dimasak pada suhu 90°C selama 1 menit hingga mengental menghasilkan gel pati sagu. Setelah itu, gel pati sagu dicampurkan dengan sisa bahan kering dengan *pin mixer* hingga terbentuk adonan yang kalis. Adonan dipipihkan menjadi lembaran kemudian dicetak hingga didapatkan mi dengan untaian dengan panjang ± 15 cm dengan menggunakan mesin *roll press*. Untaian mi hasil pencetakan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 60 menit.

3.8 Analisis Sifat Fisik

Analisis sifat fisik yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis warna dan tekstur. Analisis warna dilakukan pada sampel mi sagu dan kacang bogor kering yang dihaluskan menggunakan *food processor* menjadi bentuk tepung. Analisis tekstur dilakukan pada sampel mi sagu dan kacang bogor kering yang direhidrasi sesuai waktu pemasakan optimum.

3.8.1 Analisis warna (Hunter 1952)

Analisis warna dilakukan dengan menggunakan alat AMT511 . Prinsip dari analisis warna adalah mengukur warna sampel dengan sistem warna Hunter's Lab Colorimetric yang dinyatakan dalam skala L^* , a^* , dan b^* atau *lightness* (cerah-gelap), *redness* (hijau-merah), dan *yellowness* (biru-kuning).

3.8.2 Analisis tekstur (Subarna dan Muhandri 2013)

Analisis tekstur dilakukan dengan menggunakan alat Imada FRTS *texture analyzer*. Prinsip dari analisis tekstur adalah mengetahui respon tingkat kekerasan sampel dengan mengukur besaran beban gaya (*load gram*) yang diperlukan untuk menekan sampel menggunakan probe berbentuk silinder.

3.9 Analisis Kandungan Gizi

Analisis kandungan gizi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, dan kadar serat pangan. Analisis kandungan gizi dilakukan pada sampel mi sagu dan kacang bogor kering yang dihaluskan menggunakan *food processor* menjadi bentuk tepung.

3.9.1 Analisis kadar air (AOAC 2005)

Analisis kadar air dilakukan dengan metode gravimetri. Prinsip analisis kadar air dengan metode gravimetri adalah penguapan pada sampel melalui proses pemanasan dalam oven dengan suhu 105 °C kemudian bobot yang hilang dihitung sebagai kadar air yang ada pada sampel.

3.9.2 Analisis kadar abu dengan metode gravimetri (AOAC 2005)

Analisis kadar abu dilakukan dengan metode gravimetri. Prinsip analisis kadar abu dengan metode gravimetri adalah pengabuan sampel dalam tanur (Nabertherm) pada suhu 550 °C, zat-zat organik teruraikan menjadi air dan CO₂ sedangkan zat-zat anorganik yang tertinggal dihitung sebagai kadar abu. Analisis

3.9.3 Kadar protein (AOAC 2005)

Analisis kadar protein dilakukan dengan metode kjeldahl. Prinsip analisis kadar protein dengan metode kjeldahl adalah senyawa nitrogen diubah menjadi ammonium sulfat oleh H₂SO₄ pekat.

3.9.4 Analisis kadar lemak (AOAC 2005)

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode soxhlet. Prinsip analisis kadar lemak dengan metode soxhlet adalah ekstraksi lemak bebas dengan pelarut non polar.

3.9.5 Analisis Kadar Karbohidrat dengan Metode *By Difference* (AOAC 2005)

Penentuan kadar karbohidrat *available by difference* diperoleh dari hasil pengurangan angka 100 dengan persentase komponen lain yang terkandung di dalam sampel, meliputi air, abu, lemak, protein dan serat pangan.

3.9.6 Analisis kadar serat pangan (AOAC 2005)

Analisis kadar serat pangan dilakukan dengan metode gravimetri enzimatis. Analisis kadar serat pangan terdiri dari serat pangan total, serat pangan tidak larut, dan serat pangan larut.

3.9.7 Analisis kadar amilosa (Juliano 1971; Aliawati 2003) dan amilopektin (*by difference*)

Metode iodometri digunakan untuk menganalisis kandungan amilosa. Metode ini bergantung pada perubahan warna amilosa menjadi biru ketika bertemu dengan senyawa yodium. Analisis kadar amilopektin, dihitung dengan menggunakan metode *by difference*. Perhitungan tersebut dilakukan dengan cara mengurangkan 100% pati dengan kadar amilosa sampel uji.

3.10 Prosedur uji indeks glikemik (ISO 2010; 26642)

Pengujian indeks glikemik bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan kacang bogor terhadap respon glukosa postprandial dan indeks glikemik. Tahap pertama yang dilakukan adalah seleksi subjek. Subjek yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 12 orang yang telah sesuai dengan kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Penentuan jumlah subjek berdasarkan pada ISO 26642:2010, dimana sejumlah 12 orang subjek dalam penelitian dapat memberikan hasil dengan derajat kekuatan dan presisi yang cukup tinggi dalam menentukan respon glukosa darah. Jumlah porsi pangan acuan dan pangan uji yang diberikan kepada subjek setara dengan 50 *g available carbohydrate*. Pangan acuan yang diberikan setara dengan 50 g glukosa murni, yaitu dengan menggunakan 55 g *dextrose monohydrate* dengan kemurnian 99,7%. Pangan uji yang diberikan berupa 4 formula mi yaitu mi sagu (F0) sebagai pangan standar, mi kacang sagu dan kacang bogor (formula terpilih) dan mi sagu komersial. Pengambilan darah dilakukan sebanyak 5 kali dengan rentang waktu untuk setiap perlakuan terdapat jeda selama 6 hari. Sebelum dilakukan pengambilan darah untuk setiap perlakuan, subjek diminta untuk berpuasa selama 10 jam. Selama waktu berpuasa subjek penelitian tidak diperbolehkan untuk mengonsumsi bahan makanan jenis makan apapun kecuali air tawar. Pengambilan darah subjek dilakukan pada pagi hari berikutnya pada pukul 08.00–11.00. Pengambilan darah pada subjek penelitian dilakukan oleh tenaga medis yang bertempat di Klinik Gizi Departemen Gizi Masyarakat IPB University. Perlakuan terhadap subjek dalam penelitian adalah sebagai berikut: A0B0:

- 1 Pemberian larutan setara 50 g glukosa murni yang telah dilarutkan dalam 250 ml air mineral
- 2 Pemberian larutan setara 50 g glukosa murni yang telah dilarutkan dalam 250 ml air mineral
- 3 Pemberian mi sagu dengan kandungan 50 *g available carbohydrate*
- 4 Pemberian mi sagu dan kacang bogor (pangan uji) dengan kandungan 50 *g available carbohydrate*
- 5 Pemberian mi sagu komersial (pangan uji) dengan kandungan 50 *g available carbohydrate*

Pengambilan darah dilakukan untuk mengetahui kadar glukosa darah melalui pembuluh darah kapiler yang diambil dari ujung jari, karena memberikan hasil pengukuran respon glikemik yang lebih sensitif (Brouns *et al.* 2005). Subjek tidak diperbolehkan untuk mengonsumsi makanan lain dan meminimalkan aktivitas fisik selama waktu pengujian. mi yang telah di rehidrasi disajikan bersama *clear soup* dengan disajikan pada *paper bowl*, Sebelum dilakukan pengambilan darah subjek diberikan instruksi untuk mengonsumsi mi. Kemudian untuk pengambilan dan pembacaan kadar glukosa darah pada subjek penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sebelum diberi pangan acuan berupa larutan glukosa atau pangan uji berupa mi sagu dan kacang bogor, subjek terlebih dahulu diambil darah ke-0 untuk mengetahui kadar glukosa darah puasanya.
2. Kemudian subjek penelitian diberikan intervensi sesuai dengan perlakuan metode pengolahan dimana subjek harus menghabiskan pangan acuan atau pangan uji dalam 12–15 menit.
3. Sampel darah subjek penelitian diambil dengan metode fingerprick capillary blood sample secara berturut-turut pada menit ke-15, 30, 45, 60, 90, dan 120.
4. Tahapan pengambilan darah yaitu strip glukosa dipasangkan pada alat pengujian glukosa darah.
5. Lancet sekali pakai dipasangkan pada pen lancet, kemudian ditusukkan ke jari subjek.
6. Darah subjek yang keluar diteteskan pada sensor yang terdapat pada strip alat pengujian glukosa darah, dan dalam waktu sekitar 10 detik, hasil dari pengukuran glukosa darah terlihat pada layar glucometer.
7. Kadar glukosa darah terhadap waktu setiap pengambilan sampel diplot pada dua sumbu, yaitu sumbu waktu (X) dan sumbu kadar glukosa darah (Y).
8. Metode yang digunakan untuk menghitung luas grafik adalah Incremental Area Under Curve (IAUC) yang dihitung dengan menggunakan metode trapezoid, dengan mengabaikan area di bawah baseline dengan rumus perhitungan sebagai berikut.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \times (X_{i+1} - X_i)$$

Keterangan:

Y_i = nilai glukosa darah pada waktu ke- i

Y_{i+1} = nilai glukosa darah pada waktu berikutnya

X_i = waktu pengukuran ke- i

X_{i+1} = waktu pengukuran berikutnya

n = jumlah titik pengamatan

Sedangkan untuk perhitungan indeks glikemik ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Indeks glikemik} = \frac{\text{luas kurva AUC pangan uji}}{\text{luas kurva AUC pangan acuan}} \times 100$$

3.10.1 Kode etik penelitian

Penelitian pengujian respon glikemik ini telah memperoleh persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Institut Pertanian Bogor. Persetujuan etik tersebut

dikeluarkan sesuai dengan standar kode etik penelitian yang melibatkan subjek manusia. Surat keputusan persetujuan etik tercatat dengan nomor 1633/IT3.KEPMSM-IPB/SK/2025.

3.11 Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel 2024* dan *IBM SPSS Statistics versi 29.0 for Windows*. Data yang diolah dan dianalisis, yaitu data hasil analisis kandungan proksimat, kandungan serat pangan, kandungan amilosa dan amilopektin, kandungan pati resisten serta indeks glikemik dari sagu dan kacang bogor. Data hasil analisis sifat fisik, kandungan proksimat, kandungan serat pangan, kandungan amilosa dan amilopektin, kandungan pati resisten dan pengukuran indeks glikemik dianalisis secara statistik menggunakan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range*

3.12 Definisi Operasional

Beban Glikemik adalah indikator permintaan insulin atau respon glukosa yang diinduksi oleh asupan total karbohidrat (Bhupathiraju *et al.* 2014).

Indeks glikemik (IG) adalah tingkatan pangan menurut pengaruhnya pada kadar glukosa darah yang dihitung dengan cara membandingkan incremental area under curve (IAUC) dari respon glukosa darah subjek setelah mengonsumsi pangan uji yang mengandung available carbohydrate dengan iAUC pangan standar (glukosa murni) yang mengandung 50 g karbohidrat, kemudian dikelompokkan sesuai kategori IG yaitu IG rendah kemudian dikelompokkan sesuai kategori IG yaitu IG rendah h, IG tinggi (≥ 70), IG sedang (55–70), dan IG rendah (≤ 55).

Kadar glukosa darah postprandial adalah kadar glukosa darah subjek yang diukur dengan finger-prick capillary blood samples method, diukur selama 120 menit dengan titik waktu pengukuran pada menit ke-15, 30, 45, 60, 90 dan 120 setelah subjek mengonsumsi pangan standar atau pangan uji dan dinyatakan dalam satuan mg/dl.

Kadar glukosa darah puasa adalah kadar glukosa darah subjek setelah berpuasa 10 jam dan yang diukur sebelum subjek mengonsumsi pangan standar atau pangan uji (menit ke-0), diukur dengan finger-prick capillary blood samples method dan dinyatakan dalam satuan mg/dl.

Karakteristik fisikokimia adalah karakteristik sifat kimia Mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor meliputi kandungan gizi, kadar pati resisten, kadar amilosa, sifat fisik yang dinyatakan dalam satuan gram.

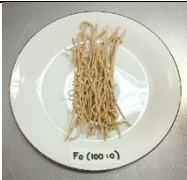
Respon glikemik adalah respon glukosa darah postprandial (perubahan konsentrasi) yang timbul ketika makanan atau makanan yang mengandung karbohidrat dicerna, diukur selama 2 jam (mulai menit ke-0, 15, 30, 45, 60, 90 dan 120) setelah mengonsumsi pangan kemudian dibuat dalam bentuk kurva dengan waktu pengukuran (menit) sebagai sumbu X dan kadar glukosa darah (mg/dl) sebagai sumbu Y.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Formulasi Mi Sagu dan Kacang Bogor

Formulasi mi sagu dan kacang bogor dilakukan melalui beberapa *trial and error*. Formulasi pada penelitian utama dilakukan dengan dua faktor perlakuan yang diberikan yaitu perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor. Formulasi mi sagu dan kacang bogor dengan empat perlakuan pada tabel 6.

Tabel 6 Penampakan mi berbahan sagu dan kacang bogor

Formula	Perbandingan tepung sagu:tepung kacang bogor (%)	Mi sagu dan kacang bogor kering	Mi sagu dan kacang bogor setelah rehidrasi
F0	100		
F1	70 : 30		
F2	60 : 40		
F3	50 : 50		

Keterangan: F0 perbandingan tepung sagu 100%; F1 perbandingan tepung sagu 70% dan tepung kacang bogor 30%; F2 perbandingan tepung sagu 60% dan tepung kacang bogor 40%; F3 perbandingan tepung sagu 50% dan tepung kacang bogor 50%

Formulasi dilakukan dengan memepertimbangkan kualitas tekstur mi, estimasi kandungan gizi pada mi sagu dan kacang bogor. Penggunaan tepung kombimi dengan tepung kacang bogor dilakukan berdasarkan trial and error dan hasil optimalisasi formula mi untuk mendapatkan bahan baku, formulasi dan prosedur yang tepat dalam proses pembuatan mi dan menghasilkan mi yang sesuai konsep serta kualitas yang optimal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil optimalisasi pengembangan produk mi sagu dan kacang bogor

Percobaan	Proses yang dilakukan	Hasil pengamatan produk	Solusi perbaikan produk
1	Pembuatan tepung Kacang bogor tanpa <i>blanching</i>	Aroma langu pada tepung sangat kuat	Memberikan perlakuan pendahuluan pada kacang bogor dengan teknik <i>blanching</i> pada suhu 100 °C selama 10 menit
2	Pembuatan tepung kacang bogor dengan ayakan tanpa mesh	Tepung yang dihalikan tidak halus, sehingga mempengaruhi tekstur mi menjadi tidak kokoh.	Melakukan proses pengayakan tepung bogor menggunakan ayakan 60 mesh
3	Penambahan garam sebanyak 5 g	Rasa produk mi menjadi asin	Melakukan modifikasi terhadap penambahan garam yaitu menjadi 1 g, menghasilkan rasa mi yang paling sesuai.
4	Perbandingan bahan dan air pada proses gelatinisasi adalah 1:3	Adonan terlalu cair sehingga sulit untuk dicetak dan menghasilkan tekstur mi menjadi lembek	Melakukan modifikasi terhadap perbandingan bahan dan air yaitu 1:1 menghasilkan tekstur mi yang paling sesuai
5	Pencampuran adonan mi dilakukan secara manual	Adonan tidak tercampur secara merata sehingga menghasilkan tekstur mi yang tidak kokoh	Melakukan pencampuran adonan mi dengan menggunakan mixer
6	Pengeringan mi menggunakan oven dengan suhu 180°C selama 30 menit	Pemanasan mi cenderung tidak merata (terdapat bagian yang masih cenderung lembab namun terdapat bagian yang gosong)	Melakukan modifikasi terhadap suhu dan waktu pengovenan. Pengovenan dilakukan peruntai mi dengan suhu 105 °C selama
7	Formulasi mi dengan beberapa perbandingan tepung sagu dan kacang bogor, yaitu (0:100), (40:60), (50:50), (60:40), (70:30), (80:20), (100:0)	Formula mi (100:0) dan (80:20) memiliki tekstur yang keras dan lengket, sedangkan formula (0:100) dan (40:60) memiliki tekstur yang tidak kokoh dan mudah patah	Formulasi mi yang dipilih adalah (50:50), (60:40), dan (70:30) karena memiliki tekstur dan rasa yang dapat diterima serta memiliki kandungan protein yang sesuai dengan syarat mutu mi berdasarkan SNI

@Hak cipta milik IPB University

4.2 Kandungan Gizi Mi Berbahan Sagu dan Kacang Bogor

Analisis kandungan zat gizi pada mi sagu dan kacang bogor terdiri dari kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat dan serat pangan. Kandungan zat gizi pada ketiga perlakuan mi sagu dan kacang bogor disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Kandungan gizi mi sagu dan kacang bogor

Kandungan gizi	Satuan	Perlakuan (sagu:kacang bogor)				Mi sagu komersial
		F0 (100:0)	F1 (70:30)	F2 (60:40)	F3 (50:50)	
Kadar air	%bb	5,50±0,31 ^b	7,31±0,27 ^d	6,71±0,29 ^c	4,45±0,12 ^a	5,14±0,03 ^b
Kadar abu	%bk	1,87±0,60 ^b	2,86±0,84 ^c	3,09±0,26 ^d	3,19±0,22 ^e	0,23±0,01 ^a
Protein	%bk	2,10±0,10 ^a	7,54±0,12 ^b	10,42±0,24 ^c	11,92±0,24 ^d	2,3±0,01 ^a
Lemak	%bk	0,01±0,00 ^a	2,84±0,11 ^b	3,60±0,10 ^c	4,49±0,84 ^d	24,45±0,12 ^e
Karbohidrat	%bk	95,78±0,20 ^e	85,71±0,15 ^d	81,64±0,89 ^c	79,47±0,29 ^b	67,61±0,05 ^a
Energi	kkal	388±5,77 ^a	391±14,22 ^a	390±7,57 ^a	404±3,60 ^a	499±0,88 ^b
Serat Pangan	%bk	4,21±0,16 ^a	9,43±0,07 ^b	11,05±0,29 ^c	12,24±0,11 ^d	7,41±0,26 ^e

Keterangan: Fn (x:y): Rasio campuran x% tepung sagu dan y% tepung kacang bogor; Angka yang diikuti huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan ada perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji *one-way* ANOVA dilanjutkan dengan *Duncan's*

4.2.1 Kadar air

Kadar air menjadi salah satu zat gizi makro yang dapat menentukan kualitas suatu bahan pangan atau produk dari segi stabilitas, pengiriman atau pengemasan, masa simpan maupun standar komposisi makanan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air mi sagu dan kacang bogor. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar air antar ketiga formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Berdasarkan Tabel 11, kadar air yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 5,50–7,31%. Berdasarkan standar SNI 8217:2015 kadar air maksimal pada produk mi kering adalah 13%, sehingga seluruh formula mi telah memenuhi standar persyaratan mutu kadar air mi kering. Kadar air tertinggi terdapat pada formula F1 (70% tepung sagu dan 30% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 7,31%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 5,51%. Kadar air mi sagu dan kacang bogor menunjukkan adanya penurunan, dimana semakin banyak proporsi tepung sagu maka kadar air mi semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Fitriani *et al.* (2024) yang menyebutkan bahwa pengurangan jumlah pati dan penambahan jumlah tepung kacang secara signifikan berpengaruh terhadap penurunan kadar amilosa pada mi basah sehingga kadar airnya menjadi lebih rendah. Kadar air mengalami penurunan seiring dengan pengurangan tepung sagu dan penambahan tepung kacang pada mi basah. Peningkatan kadar air pada mi dipengaruhi oleh kandungan pati pada masing-masing bahan baku, terutama kandungan amilosa. Pati sagu mengandung amilosa lebih tinggi yaitu sebesar 73%, sementara kandungan amilosa pada kacang bogor hanya sebesar 35% (Tan *et al.* 2020; Syartiwidya 2023). Kadar amilosa yang tinggi pada pati sagu menyebabkan terjadinya gelatinisasi pati sehingga kemampuan pati dalam menyerap air semakin tinggi tingkat penyerapan air semakin tinggi.

4.2.2 Kadar abu

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar abu mi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar abu antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Berdasarkan Tabel 11, kadar abu yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 1,77–3,05%. Kadar abu tertinggi terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 3,05%, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) yaitu sebesar 1,77%. Jika dibandingkan dengan standar mutu mi kering menurut SNI 8217:2015, kadar abu maksimum yang diperbolehkan adalah 3% (basis kering). Berdasarkan hasil penelitian ini, sebagian besar formula mi sagu dan kacang bogor masih berada dalam kisaran standar, kecuali formula F3 yang memiliki kadar abu sedikit lebih tinggi yaitu 3,05%. Semakin banyak proporsi tepung kacang bogor maka kadar abu semakin tinggi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ithembe *et al.* (2023) yang menyebutkan bahwa kadar abu campuran tepung komposit gandum-kacang bogor meningkat seiring dengan peningkatan persentase tepung kacang bogor (Ithembe *et al.* 2023). Peningkatan kadar abu mi dipengaruhi oleh kandungan mineral yang terkandung dalam kacang bogor. Kacang bogor mengandung kalium, magnesium, fosfor, seng, dan zat besi dalam jumlah yang relatif tinggi (Tan *et al.* 2020; Ramatsetse *et al.* 2023). Hal ini menunjukkan bahwa formula mi dengan kadar abu yang paling tinggi, yaitu formula F3 akan menjadi sumber mineral yang baik (Ithembe *et al.* 2023). Kadar abu mi dipengaruhi oleh kandungan mineral yang terkandung dalam kacang bogor. Kacang bogor mengandung kalium, magnesium, fosfor, seng, dan zat besi dalam jumlah yang relatif tinggi (Tan *et al.* 2020; Ramatsetse *et al.* 2023).

4.2.3 Kadar protein

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar protein mi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar protein antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Berdasarkan Tabel 4, kadar protein yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 2,10–11,93%. Berdasarkan standar SNI 3551:2018 kadar protein minimal pada produk mi instan adalah 6%, sehingga formula F2 dan F3 telah memenuhi standar persyaratan mutu kadar protein mi instan. Kadar protein tertinggi terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 11,93%, sedangkan kadar protein terendah terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) yaitu sebesar 2,10%. Kadar protein mi sagu dan kacang bogor menunjukkan adanya peningkatan, dimana semakin banyak proporsi tepung kacang bogor maka kadar protein mi semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Makhuvha *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa penambahan tepung kacang bogor secara signifikan dapat meningkatkan kadar protein pada produk pasta (Makhuva *et al.* 2024). Peningkatan kandungan protein mi disebabkan karena kacang bogor mengandung protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan protein sagu yaitu sebesar 16g/100g (Kemenkes. 2014). Konsumsi 10-20 g protein dapat menurunkan respons

glikemik selama proses pencernaan, protein dipecah menjadi asam amino yang merangsang pelepasan berbagai hormon saluran cerna, seperti cholecystokinin (CCK), glucose-dependent insulintropic polypeptide (GIP), glucagon-like peptide-1 (GLP-1), dan peptide YY (PYY) yang berperan dalam meningkatkan tekanan pilorus sehingga proses pengosongan lambung berlangsung lebih lambat (Marathe *et al.* 2013; Camilleri *et al.* 2014; Steinert *et al.* 2017). Pengosongan lambung yang lebih lambat menyebabkan makanan masuk ke usus halus secara bertahap, sehingga penyerapan glukosa juga berlangsung lebih lambat dan lonjakan kadar glukosa darah setelah makan dapat ditekan. Selain itu, hormon-hormon tersebut turut merangsang sekresi insulin oleh pankreas, yang membantu meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel sehingga kadar glukosa dalam darah tetap lebih stabil dan terkendali (Anjom *et al.* 2024). Dengan demikian, pangan yang memiliki kandungan protein lebih tinggi cenderung menghasilkan respons glikemik yang lebih rendah dan memiliki nilai indeks glikemik (IG) yang lebih rendah.

4.2.4 Kadar lemak

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar lemak mi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar lemak antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Berdasarkan Tabel 4, kadar lemak yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 0,01–4,49%. Kadar lemak tertinggi terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 4,49%, sedangkan kadar lemak terendah terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) yaitu sebesar 0,01%. Kadar lemak mi sagu dan kacang bogor menunjukkan adanya peningkatan, dimana semakin banyak proporsi tepung kacang bogor maka kadar lemak mi semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Florence *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa persentase tepung kacang bogor berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kadar lemak campuran tepung komposit gandum-kacang bogor. Peningkatan kandungan lemak mi dipengaruhi oleh kandungan lemak dari masing-masing bahan yang digunakan. Kacang bogor mengandung lemak yang lebih tinggi yaitu sebesar 6g/100g bahan, sementara kandungan lemak pada sagu hanya sebesar 0,3g/100g bahan (Kemenkes 2014). Mi berbahan sagu dan kacang bogor dibandingkan dengan mi sagu komersial, kadar lemak lebih rendah dibandingkan kadar lemak mi sagu komersial. Mi sagu komersial memiliki kadar lemak sebesar 24,45%, jauh lebih tinggi dibandingkan kadar lemak mi pada penelitian ini yaitu 0,01–4,30%. Perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan formulasi dan proses pengolahan, dimana pada produk mi komersial sering dilakukan penambahan minyak atau proses penggorengan yang dapat meningkatkan kandungan lemak pada produk akhir (Wang *et al.* 2022). Sementara itu, mi sagu dan kacang bogor dalam penelitian ini tidak melalui proses penggorengan sehingga kandungan lemak yang dihasilkan relatif lebih rendah. Lemak dapat menurunkan respons glikemik dengan memperlambat pengosongan lambung, sehingga laju masuknya makanan ke usus halus menjadi lebih lambat dan absorpsi glukosa berlangsung secara bertahap (Harsløf *et al.* 2024). Lemak dapat membentuk senyawa kompleks amilosa dan lemak yang menghambat kerja enzim α -amilase dan

menghidrolisis pati menjadi glukosa berlangsung lebih lambat (Cava *et al.* 2024; Chen *et al.* 2024). Oleh karena itu, pangan dengan kandungan lemak yang lebih tinggi cenderung memiliki indeks glikemik yang lebih rendah.

4.2.5 Kandungan karbohidrat

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar karbohidrat mi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar karbohidrat antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Berdasarkan Tabel 8, kadar karbohidrat yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 90,73–76,80%. Kadar karbohidrat tertinggi terdapat pada formula F0(100% tepung sagu) yaitu sebesar 90,73%, sedangkan kadar karbohidrat terendah terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 76,80%. Kadar karbohidrat mi sagu dan kacang bogor menunjukkan adanya penurunan, dimana semakin banyak proporsi tepung sagu maka kadar karbohidrat mi semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Puspitasari *et al.* (2021) yang menyebutkan bahwa komposisi tepung sagu berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kadar karbohidrat pada biskuit non-gluten (Puspitasari *et al.* 2021). Kandungan karbohidrat *by difference* dipengaruhi oleh kandungan gizi lain seperti air, abu, protein, dan lemak, sehingga semakin tinggi komponen tersebut maka kadar karbohidrat akan semakin rendah (Kusnandar. 2019). Selain itu, penurunan kadar karbohidrat mi dipengaruhi oleh kandungan karbohidrat dari masing-masing bahan yang digunakan. Sagu mengandung karbohidrat yang lebih tinggi yaitu sebesar 85,2g/100g bahan, sementara kandungan karbohidrat pada kacang bogor hanya sebesar 65g/100g bahan (Kemenkes. 2014). Karbohidrat merupakan komponen utama yang paling berpengaruh terhadap nilai indeks glikemik (IG) suatu pangan karena karbohidrat dicerna menjadi glukosa dan diserap ke dalam aliran darah. Produk mi sagu dan kacang bogor masuk dalam jenis pangan karbohidrat kompleks menghasilkan respon glikemik yang lebih rendah dibandingkan karbohidrat sederhana karena memiliki struktur yang lebih sulit dicerna, kandungan serat yang lebih tinggi, pati resisten dan slowly digestible starch yang memperlambat pelepasan glukosa ke dalam aliran darah membantu menekan respon glukosa postprandial (Abbah *et al.* 2025).

4.2.6 Kadar serat pangan

The Codex Commite on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CCNFSDU) (2009) mendefinisikan serat pangan merupakan karbohidrat polimer yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim endogen di dalam usus halus. Berdasarkan kelarutannya atau kemampuan mengikat air serat pangan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu serat pangan larut atau *soluble dietary fiber* dan serat pangan tidak larut atau *insoluble dietary fiber* (Perry dan Ying 2016). Konsumsi serat akan memperlambat waktu pengosongan lambung dan dengan viskositas tinggi akan mengembang dan membentuk *barrier* sehingga memperlambat penyerapan glukosa dan lemak (Perry dan Ying 2016). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar serat pangan total, serat pangan larut, dan serat pangan tidak larut pada mi sagu dan kacang bogor. Hasil

uji lanjut menunjukkan bahwa kadar serat pangan total, serat pangan larut, dan serat pangan tidak larut antar ketiga formula mi sagu dan kacang bogor berbeda secara nyata ($p < 0,05$). Kadar serat pangan yang terkandung pada mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 9,43–12,24% yang terdiri dari 2,09–2,83% serat larut dan 7,33–9,41% serat tidak larut.

Berdasarkan BPOM Nomor 1 Rahun 2022, suatu produk pangan olahan dapat diklaim sebagai pangan bebas, sumber atau tinggi suatu zat gizi apabila memenuhi syarat klaim yakni memiliki kandungan lemak total sebesar < 18 g, lemak jenuh < 6 g, kolesterol < 60 mg dan natrium < 300 mg pertakaran sajinnya. Adapun besar minimum tinggi serat apabila memiliki kandungan serat pangan minimum sebesar 6 g per 100 g. Oleh karena itu, mi sagu dan kacang bogor dapat diklaim sebagai pangan tinggi serat karena telah memenuhi standar syarat minimum produk pangan olahan tinggi serat. Anjuran konsumsi serat untuk dapat membantu mengurangi yaitu serat > 25 g/hari (Howarth *et al.* 2001). Kadar serat pangan tertinggi terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu dan 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 12,24%, sedangkan kadar serat pangan terendah terdapat pada formula F1 (70% tepung sagu dan 30% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 9,43%. Kandungan serat pangan tidak larut lebih tinggi dibandingkan dengan serat pangan larut pada mi sagu dan kacang bogor. Hal ini sejalan dengan penelitian Maphosa *et al.* (2022) dan Tan *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa kacang bogor mengandung serat pangan dalam bentuk pati resisten dan polisakarida non-pati dalam jumlah yang cukup tinggi yaitu sebesar 5–12 g dengan fraksi serat tidak larut lebih tinggi daripada serat larut. Kadar serat pangan mi sagu dan kacang bogor menunjukkan adanya peningkatan, dimana semakin banyak proporsi tepung kacang bogor maka kadar serat pangan mi semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Hussin *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa penambahan 20% tepung kacang bogor secara signifikan dapat meningkatkan kadar serat pada mi. Jika dibandingkan dengan mi sagu komersial yang memiliki kadar serat sebesar $7,41 \pm 0,26\%$, kadar serat pada mi sagu dan kacang bogor dalam penelitian ini relatif lebih tinggi yaitu 9,43–12,24%. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung kacang bogor pada mi sagu dapat meningkatkan kandungan serat pangan produk secara signifikan, sehingga berpotensi memberikan manfaat kesehatan yang lebih baik, terutama dalam membantu mengontrol respons glikemik dan meningkatkan kualitas gizi pangan berbasis pati. Asupan serat sekitar 7–10 g/hari dapat menurunkan respon glikemik, serat pangan membantu mengontrol kadar gula darah dengan memperlambat pengosongan lambung, menghambat hidrolisis pati dan memperlambat penyerapan glukosa di usus (Xie *et al.* 2020). Oleh karena itu, peningkatan glukosa darah setelah makan menjadi lebih lambat dan stabil. Fermentasi serat oleh mikrobiota usus menghasilkan *short-chain fatty acids* (SCFA) yang dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan memperbaiki homeostasis glukosa (Ancu *et al.* 2025)

4.3 Komponen Pati Mi Berbahan Dasar Sagu dan Kacang Bogor

Pati merupakan komponen utama pada bahan pangan sumber karbohidrat seperti sagu dan kacang bogor, yang tersusun atas dua fraksi utama yaitu amilosa dan amilopektin. Perbandingan antara kedua komponen tersebut sangat memengaruhi sifat fungsional pati, termasuk proses gelatinisasi, retrogradasi, serta

pembentukan pati resisten. Pati resisten adalah fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan di usus halus dan akan difermentasi oleh mikrobiota di usus besar, sehingga memberikan manfaat fisiologis seperti pengendalian glukosa darah dan kesehatan saluran pencernaan (Birt *et al.* 2013; Sajilata *et al.* 2006).

Pati sagu memiliki kandungan amilosa yang relatif tinggi berperan penting dalam pembentukan pati resisten, terutama setelah proses pemanasan dan pendinginan yang menyebabkan terjadinya retrogradasi pati. Proses retrogradasi ini menghasilkan struktur kristalin yang lebih stabil dan sulit dicerna oleh enzim amilase sehingga meningkatkan kandungan pati resisten (Karim *et al.* 2008). Oleh karena itu, produk pangan berbasis sagu berpotensi menghasilkan kadar pati resisten yang cukup tinggi setelah melalui proses pengolahan tertentu. Komposisi pati dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Komponen pati mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor

Komponen pati	Satuan	Perlakuan (sagu:kacang bogor)			
		F0 (100:0)	F1 (70:30)	F2 (60:40)	F3 (50:50)
Total pati	%bk	75.58±1.25 ^d	64.35±1.75 ^c	61.46±0.25 ^b	50.87±1.00 ^a
Amilosa	%bk	39.13±1.60 ^d	30.57 ±0.60 ^c	28.98 ±1.32 ^b	26.95±1.53 ^a
Amilopektin	%bk	36.46±1,60 ^c	33.78±0.60 ^b	32.48±1.32 ^b	23.92±2.00 ^a
Pati resisten	%bk	11.89±0.39 ^a	10.79±0.86 ^{ab}	11.94±0.47 ^b	9.76±0.00 ^a

Keterangan: Fn (x:y): Rasio campuran x% tepung sagu dan y% tepung kacang bogor

Angka yang diikuti huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan ada perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji *one-way* ANOVA dilanjutkan dengan *Duncan's*

4.3.1 Total Pati

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar total pati pada mi yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 9, kadar total pati mi berkisar antara 50,87–75,58%. Nilai total pati tertinggi terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) yaitu sebesar 75,58%, total pati terendah terdapat pada formula F3 (50 tepung sagu:50 tepung kacang bogor) yaitu sebesar 50,87%. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar total pati antar formula berbeda nyata ($p < 0,05$).

Penurunan kadar total pati disebabkan karena meningkatnya proporsi tepung kacang bogor dan berkurangnya tepung sagu dalam formulasi mi. Hal ini disebabkan karena tepung sagu merupakan bahan pangan yang didominasi oleh pati dan kacang bogor selain mengandung pati, kacang bogor memiliki kandungan protein, lemak, dan serat pangan yang relatif lebih tinggi sehingga persentase total pati dalam produk menjadi lebih rendah (Karim *et al.*, 2008; Oyeyinka *et al.*, 2018). Pati pada sagu diketahui tersusun atas fraksi amilosa dan amilopektin yang berperan penting dalam menentukan karakteristik fisik dan kimia produk pangan berbasis pati (Karim *et al.*, 2008).

Kacang bogor (*Vigna subterranea*) merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang memiliki komposisi kimia lebih kompleks dibandingkan sumber pati murni, karena mengandung protein sekitar 18–24% dan serat pangan yang tinggi, proporsi pati kacang bogor lebih rendah dibandingkan dengan bahan berpati seperti sagu (Oyeyinka *et al.*, 2018; Adebawale *et al.*, 2011). Oleh karena itu, peningkatan penambahan tepung kacang bogor dalam formulasi mi menyebabkan penurunan kadar total pati pada produk mi yang dihasilkan. Total pati 60% masuk dalam kategori sedang semakin besar total pati dapat

meningkatkan glukosa darah karena lebih banyak substrat yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa. Oleh karena itu, respon glikemik tidak hanya ditentukan oleh jumlah total pati, melainkan lebih dipengaruhi oleh jenis pati seperti *rapidly digestible starch* (RDS), *slowly digestible starch* (SDS), dan *resistant starch* (RS). Pangan dengan total pati tinggi tetapi kaya amilosa dan *resistant starch* cenderung memiliki indeks glikemik lebih rendah.

4.3.2 Kandungan amilosa dan amilopektin

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar amilosa dan amilopektin pada mi yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel, kadar amilosa pada mi berkisar antara 26,95% hingga 39,13%. Kadar amilosa tertinggi terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) sebesar 39,13% dan kadar amilosa terendah terdapat pada formula F3 (50% tepung sagu : 50% tepung kacang bogor) yaitu sebesar 26,95%. Kadar amilopektin pada mi berkisar antara 23,92% hingga 36,46%. Kadar amilopektin tertinggi terdapat pada formula F0 yaitu sebesar 36,46%, dan kadar amilopektin terendah terdapat pada formula F3 yaitu sebesar 23,92%.

Penurunan kadar amilosa dan amilopektin dipengaruhi oleh perbedaan komposisi pati pada kedua bahan baku tersebut. Tepung sagu memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi dibandingkan tepung kacang (Wahjuningsi *et al.* 2016). Oleh karena itu, semakin besar proporsi tepung sagu dalam formula, semakin tinggi pula kandungan amilosa dalam produk. Amilosa adalah polimer glukosa berantai lurus dengan ikatan α -1,4-glikosidik yang berperan dalam pembentukan struktur gel dan memengaruhi tekstur produk pangan berbasis pati (Jane 2009).

Sedangkan, amilopektin adalah polimer glukosa bercabang dengan ikatan α -1,6-glikosidik yang berkontribusi pada viskositas dan kemampuan pati untuk menyerap air selama proses gelatinisasi. Penurunan kadar amilopektin pada formula dengan penambahan tepung kacang bogor dapat disebabkan oleh adanya komponen non-pati seperti protein dan serat yang relatif lebih tinggi pada kacang bogor sehingga mengurangi proporsi pati (Oyeyinka *et al.* 2015).

Secara keseluruhan, perbedaan rasio amilosa dan amilopektin pada setiap formula menunjukkan bahwa variasi penggunaan tepung sagu dan kacang bogor dapat memengaruhi sifat fisik dan fungsional mi. Formula dengan kadar amilosa lebih tinggi (F0) berpotensi membentuk struktur gel yang lebih kuat dan tekstur yang lebih kompak, sedangkan formula dengan proporsi kacang bogor lebih tinggi (F3) memiliki amilopektin yang lebih rendah yang dapat memengaruhi kemampuan penyerapan air dan kekentalan mi setelah dimasak (Chinma *et al.* 2022).

4.3.3 Kandungan pati resisten

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar pati resisten (*resistant starch*) pada mi sagu dan kacang bogor berfluktuasi sesuai dengan proporsi tepung sagu dan tepung kacang bogor dalam formulasi. Berdasarkan Tabel, kadar pati resisten berkisar antara 9,76% hingga 11,89% bk. Kadar pati resisten tertinggi terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) sebesar 11,89% dan kadar terendah terdapat pada formula F3 (50 tepung sagu : 50 tepung kacang bogor)

sebesar 9,76%. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kadar pati resisten pada formula F0 berbeda nyata dengan F3 ($p < 0,05$), sementara perbedaan antara formula lain cenderung tidak signifikan.

Penurunan kadar pati resisten seiring bertambahnya proporsi tepung kacang bogor dalam formula dapat dijelaskan oleh perbedaan karakteristik pati dan komposisi kimia kedua bahan baku tersebut. Tepung sagu memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi, yang berperan penting dalam pembentukan pati resisten melalui proses retrogradasi pati setelah pemanasan dan pendinginan (Sajilata *et al.* 2006). Amilosa yang berantai lurus mudah membentuk ikatan kristalin yang stabil sehingga tidak mudah dicerna oleh enzim pencernaan, menghasilkan fraksi pati resisten yang lebih tinggi.

Sebaliknya, tepung kacang bogor mengandung pati dengan kadar amilosa yang lebih rendah serta komponen non-pati seperti protein dan serat yang lebih tinggi, yang dapat menghambat pembentukan struktur pati resisten. Selain itu, kandungan protein dan serat dari kacang bogor berpotensi mengganggu interaksi pati sehingga menurunkan fraksi pati resisten dalam produk akhir (Adebawale *et al.* 2011). Oleh karena itu, formulasi dengan proporsi tepung kacang bogor yang lebih tinggi memiliki kadar pati resisten yang lebih rendah.

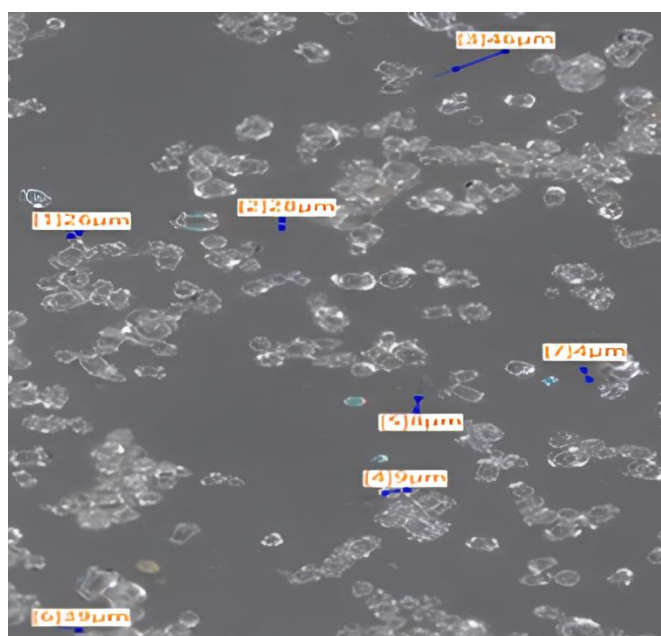
Pati resisten memiliki peran penting dalam menurunkan laju pencernaan pati sehingga dapat membantu mengendalikan peningkatan kadar glukosa darah setelah konsumsi makanan (Wahjuningsih *et al.* 2016). Oleh karena itu, produk mi dengan kadar pati resisten yang lebih tinggi, seperti pada formula F0, berpotensi memiliki nilai indeks glikemik yang lebih rendah dan manfaat kesehatan yang lebih baik, terutama bagi penderita diabetes atau yang mengontrol asupan gula (Birt *et al.* 2013). Konsumsi pati resisten 10 gram/hari selama 4 minggu dapat menurunkan glukosa darah postprandial dan meningkatkan penyerapan glukosa pada otot lengan bawah (Bodinham *et al.* 2014). Fermentasi pati resisten menurunkan pH di usus besar bagian proksimal dan menghasilkan produksi short-chain fatty acids (SCFA) (Canfora *et al.* 2015) terutama asam asetat, asam propionat dan asam n-butirat yang ditemukan memiliki efek menguntungkan pada metabolisme glukosa (Wong dan Louie. 2016).

4.4 Bentuk dan Ukuran Granula tepung sagu

Hasil scanning dengan perbesaran 100x memperlihatkan garunala pati sagu berbentuk bulat elips, kisaran panjang pati sagu asal sulawesi tengah 19,84 μm sampai 51,70 μm , sedangkan kisaran lebarnya adalah 4 μm sampai 46 μm . Sebagai pembanding, hasil penelitian menunjukan granula pati sagu asal irian jaya memiliki kisaran panjang 45,1 μm sampai 91,6 μm , sedangkan kisaran lebar 29,8 μm sampai 74,8 μm . Penelitian Teng (2013) mengamati ukuran garunala pati sagu yang ada di Malaysia adalah 5 μm sampai 40 μm . Ukuran granula pati sagu yang berkisar antara 19,84 μm sampai 51,70 μm menunjukkan bahwa pati sagu memiliki granula berukuran sedang hingga relatif besar. Ukuran granula pati merupakan faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisikokimia dan fungsional pati pangan. Granula dengan ukuran yang lebih besar memiliki kapasitas penyerapan air dan kemampuan pembengkakan (swelling power) yang lebih tinggi, karena luas permukaan granula memungkinkan air lebih mudah masuk ke dalam struktur pati selama proses

pemanasan. Oleh karena itu, pati sagu menghasilkan viskositas *mi* yang lebih tinggi ketika mengalami gelatinisasi (Singh *et al.* 2010). Ukuran granula dapat mempengaruhi proses gelatinisasi pati. Granula yang lebih besar lebih mudah mengalami kerusakan struktur kristal ketika dipanaskan dalam air dan proses gelatinisasi terjadi lebih cepat dibandingkan ukuran granula yang lebih kecil dan lebih padat. Oleh karena itu, pati sagu memiliki kemampuan dalam membentuk gel dan memberikan tekstur kental pada produk pangan (Karim *et al.* 2008).

Ukuran granula berkaitan dengan kandungan amilosa dan amilopektin. Granula dengan ukuran lebih besar memiliki proporsi amilopektin lebih banyak dalam pembentukan struktur kristalin, yang berkontribusi terhadap kemampuan pembengkakan dan viskositas pati. Kandungan amilosa berperan dalam pembentukan struktur gel setelah proses gelatinisasi. Oleh karena itu, ukuran granula pati sagu berada pada kisaran 19,84–51,70 μm dapat memberikan kombi sifat fungsional yang baik, seperti kemampuan pengentalan, pembentukan gel, serta stabilitas tekstur pada produk pangan (Zhu 2015).

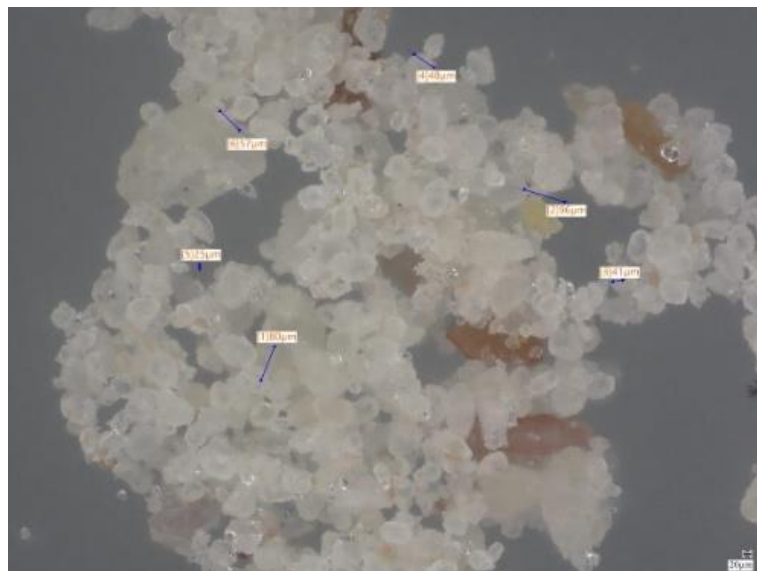


Gambar 6 Bentuk dan ukuran granula sagu

4.5 Bentuk dan ukuran granula tepung kacang bogor

Hasil scanning dengan perbesaran 100x memperlihatkan garunala pati kacang bogor berbentuk bulat elips, kisaran lebar pati kacang bogor yaitu 41 μm sampai 96 μm . Sebagai pembanding, hasil penelitian menunjukan granula pati kacang bogor 27 μm (Oyeyinka *et al.* 2016). Penelitian Kaptso (2016) mengamati ukuran granula pati kacang bogor (10–35 μm). Berdasarkan hasil pengamatan, ukuran granula pati kacang bogor memiliki kisaran lebar sekitar 41–96 μm , yang menunjukkan bahwa granula pati kacang bogor tergolong berukuran relatif besar. Ukuran granula pati merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisikokimia dan fungsional pati. Granula pati yang berukuran lebih besar umumnya memiliki kemampuan menyerap air dan daya pengembangan (swelling power) yang lebih tinggi, karena air lebih mudah berdifusi dan masuk ke dalam struktur granula selama proses pemanasan. Kondisi ini dapat menyebabkan pati kacang bogor

menghasilkan viskositas pasta yang lebih tinggi ketika mengalami proses gelatinisasi. Selain itu, granula dengan ukuran yang lebih besar juga cenderung lebih mudah mengalami kerusakan pada struktur kristalinnya selama pemanasan, sehingga dapat mempengaruhi sifat tekstur serta kemampuan pembentukan gel pada produk pangan (Singh *et al.* 2010).

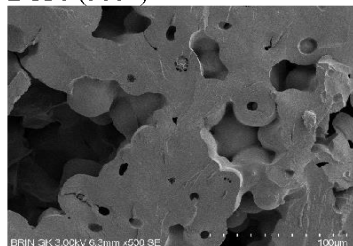


Gambar 7 Bentuk dan ukuran granula kacang bogor

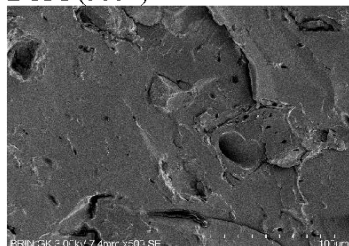
4.6 Analisis Scanning Electron Microscopy pada Mi Instan Sagu dan Kacang Bogor

Scanning Electron Microscopy dilakukan untuk mengamati perubahan morfologi permukaan, struktur granula, perilaku retakan, dan interaksi pati dan protein selama proses pengolahan. Mikrograf dari setiap formulasi dibandingkan dan diinterpretasikan berdasarkan literatur yang relevan untuk menjelaskan mekanisme modifikasi granula pati pada sagu akibat penambahan tepung kacang bogor, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

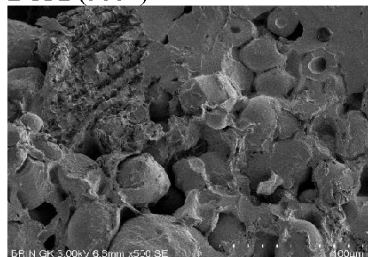
BGF0 (500×)



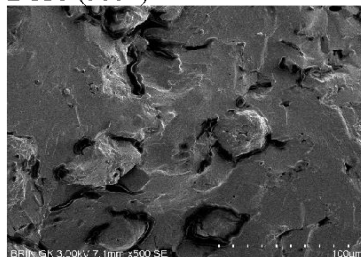
BGF1 (500×)



BGF2 (500×)



BGF3 (500×)



Gambar 8 Analisis scanning electron microscopy pada mi sagu dan kacang bogor

Pengamatan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) mengevaluasi perubahan morfologi permukaan, struktur granula, perilaku retakan, dan interaksi pati dan protein selama proses pengolahan mi sagu dan kacang bogor. Citra SEM pada perbesaran 500× (Gambar 8) menunjukkan bahwa variasi proporsi tepung sagu (SF) dan tepung kacang bogor (BGF) secara signifikan memengaruhi mikrostruktur matriks mi. Sampel formula kontrol BGF0 (100% tepung sagu) menunjukkan matriks pati yang relatif kurang stabil dengan struktur homogen ditandai adanya rongga besar dan pori-pori yang tersebar tidak merata disebabkan dominasi fraksi pati serta rendahnya kandungan protein dan serat pangan, menghasilkan jaringan gel pati yang rapuh dan kurang terintegrasi (Liu *et al.* 2021).

Peningkatan proporsi tepung kacang bogor pada formula BGF1 dan BGF2, kandungan protein dan serat pangan yang lebih tinggi meningkatkan integrasi jaringan mikrostruktur matriks yang lebih kompak, tetapi masih terdapat beberapa pori besar dan retakan, yang menunjukkan bahwa interaksi makromolekul antara pati, protein, dan serat pangan telah meningkat tetapi stabilitas jaringan gel pati belum sepenuhnya tercapai. Interaksi tersebut berkontribusi dalam memperkuat jaringan pati melalui mekanisme hidrasi dan pembentukan ikatan antarmolekul di antara komponen makromolekul (Singh *et al.* 2023). Pada formulasi BGF3 (50% tepung kacang bogor), mikrostruktur tampak padat dan kontinu, dengan jumlah rongga besar yang jauh lebih sedikit. Struktur yang lebih terintegrasi ini menunjukkan terbentuknya matriks komposit pati, protein, dan serat pangan yang lebih stabil, sebagaimana dilaporkan sebelumnya bahwa kombinasi protein dan serat pangan dari sumber legum dapat menghasilkan mikrostruktur yang lebih kompak dan elastis pada produk berbasis pati (Wang *et al.* 2023; Zhang *et al.* 2023).

Oleh karena itu, perubahan mikrostruktur berkaitan dengan karakteristik granula pati kacang bogor yang umumnya berbentuk bulat dengan permukaan halus dan ukuran granula yang bervariasi. Selama proses pemanasan dan gelatinisasi, granula pati dapat mengalami deformasi, pembentukan pori, dan kerusakan struktur internal yang menyebabkan reorganisasi matriks pati menjadi struktur yang lebih tidak beraturan (Oyeyinka *et al.* 2019). Perubahan mikrostruktur tersebut berpengaruh terhadap sifat fungsional produk menyebabkan matriks yang lebih berpori dan kurang kompak cenderung mempermudah penyerapan air selama pemasakan, oleh karena itu dapat memengaruhi kapasitas penyerapan air, cooking loss, dan karakteristik tekstur mi (Yao *et al.* 2020; An *et al.* 2022; Wang *et al.* 2024). Secara keseluruhan, transformasi mikrostruktur dari BGF0 hingga BGF3 menunjukkan bahwa peningkatan kandungan protein dan serat pangan yang berasal dari tepung kacang bogor berperan penting dalam memperkuat jaringan gel pati dan menghasilkan struktur mi yang lebih stabil serta fungsional.

4.7 Sifat Fisik Mi Sagu dan Kacang Bogor

Analisis sifat fisik mi sagu dan kacang meliputi analisis *cooking time*, *cooking loss*, profil tekstur dan warna. Hasil analisis *cooking time*, *cooking loss*, profil tekstur dan warna mi sagu dan kacang bogor dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10 *Cooking time, Cooking Loss dan Firmness*

Sifat fisik	satuan	F0	F1	F2	F3
Cooking Time	menit	8 ^b	5 ^a	5 ^a	5 ^a
Cooking loss	%	8,72±0,13 ^a	11,12±0,66 ^b	13,91±0,03 ^c	15,18±0,10 ^d
Firmness	gf	5406.6±123 ^c	2049.9±209 ^a	2774.6±64 ^b	2655.7±1.97 ^b
Elongasi	%	-	--	-	-

Keterangan: Fn (x:y) Rasio campuran x% tepung sagu dan y% tepung kacang bogor
 Angka yang diikuti huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan ada perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji *one-way ANOVA* dilanjutkan dengan *Duncan's*

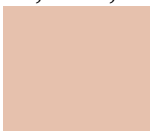
Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap uji *cooking time* mi sagu dan kacang bogor. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$) antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor. Berdasarkan tabel, kadar cooking time pada mi sagu dan kacang bogor. Pada tabel menunjukkan waktu pemasakan optimum dari mi sagu dan kacang bogor berkisar antara 5-8 menit. Waktu pemasakan mi sagu dan kacang bogor lebih lama dibandingkan mi instan komersial yang membutuhkan waktu pemasakan sekitar 4 menit. Bahan baku yang digunakan dapat mempengaruhi lamanya waktu pemasakan yang dibutuhkan (Dewi 2023).

Hasil uji statistic menunjukan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap uji cooking loss mi sagu dan kacang bogor. Hasil uji lanjut juga menunjukan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$) antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor. Berdasarkan tabel cooking loss tertinggi terdapat pada formula F3 (50 tepung sagu : 50 tepung kacang bogor) yaitu sebesar 15,8%, sedangkan cooking loss terendah terdapat pada formula F0 (100% tepung sagu) yaitu sebesar 8,72%. Semakin banyak penambahan tepung kacang bogor yang ditambahkan akan menghasilkan mi sagu dengan *cooking loss* yang tinggi, ditandai dengan air rebusan mi menjadi semakin keruh karena banyak pati yang larut, disebabkan oleh adanya kulit ari yang juga berkontribusi pada tingginya kadar serat sehingga meningkatkan *cooking loss* produk mi (Yuliani *et al.* 2015).

Hasil uji statistic menunjukan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap mi sagu dan kacang bogor. Hasil uji lanjut juga menunjukan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$) antar keempat formula mi sagu dan kacang bogor. Nilai firmness tertinggi dicatat pada formula F0 (100% tepung sagu) sebesar 5406,6 gf, sedangkan nilai terendah dicatat pada formula F3 (50 tepung sagu: 50 tepung kacang bogor) sebesar 2049,9 gf. Peningkatan proporsi tepung kacang menyebabkan penurunan kekerasan. Hal ini disebabkan kandungan protein dan serat yang tinggi pada kacang, di mana protein albumin dan globulin kekurangan gugus sulfur membentuk ikatan disulfida yang menstabilkan jaringan protein terganggu. Oleh karena itu, serat menyerap air sehingga mengurangi air yang tersedia untuk gelatinisasi pati selama pemasakan, sehingga memengaruhi kekerasan mi (Imeneo *et al.* 2025; Petitot *et al.* 2010; Ta *et al.* 2023). Selain itu, ukuran granula pati, komposisi amilosa dan amilopektin dapat memengaruhi tekstur, granula pati kecil membentuk gel yang lebih rapat dan padat, dan granula besar mudah rusak serta menghasilkan tekstur lebih lunak. Kandungan

amilosa yang tinggi berperan dalam pembentukan gel kuat dan tekstur keras, sedangkan amilopektin memberikan elastisitas dan kekenyalan. Rasio amilosa-amilopektin juga berdampak pada waktu pemasakan dan cooking loss, di mana amilosa tinggi memperpanjang gelatinisasi dan meningkatkan viskositas, sementara amilopektin memengaruhi kelembutan mi (Ma *et al.* 2024; Zhao *et al.* 2025; Li *et al.* 2026). Uji elongasi tidak dapat dianalisis karena sampel mi mengalami pemutusan sebelum proses penarikan selesai oleh karena itu, data elongasi tidak terekam oleh instrumen pengujian.

Tabel 11 Warna mi sagu dan kacang bogor

Parameter	Perlakuan (Sagu dan Kacang bogor)			
	F0 (100:0)	F1 (70:30)	F2 (60:40)	F3 (50:50)
Warna				
L*	80,82±0,67 ^a	77,27±0,50 ^b	76,17±0,70 ^b	74,85±0,43 ^c
a*	10,04±0,39 ^a	6,31±0,15 ^b	6,00±0,33 ^{ab}	5,65±0,17 ^b
b*	15,02±1,01 ^a	9,13±0,31 ^a	8,55±0,55 ^{ab}	7,93±0,54 ^b
Intensitas warna (CIE)				

Keterangan:Fn (x:y) Rasio campuran x% tepung sagu dan y% tepung kacang bogor

L: kecerahan, a: kemerahan, b: kekuningan Angka yang diikuti huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan ada perbedaan secara signifikan ($p>0,05$) berdasarkan uji *one-way* ANOVA dilanjutkan dengan *Duncan's*

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbandingan tepung sagu dan tepung kacang bogor berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap nilai L*, a*, b* mi sagu dan kacang bogor. Semakin tinggi proporsi tepung kacang bogor maka warna mi yang dihasilkan cenderung lebih gelap. Formula mi yang menghasilkan warna paling gelap adalah F3 (74,85), sedangkan yang menghasilkan warna paling cerah adalah F0 (80,82). Warna gelap pada formula mi sagu dan kacang bogor disebabkan karena kulit ari kacang bogor mengandung pigmen antosianin sebesar 25,85 mg/g GAE. Hal ini sejalan dengan penelitian Yahya *et al.* (2022) yang menyebutkan bahwa mi yang dibuat dengan proporsi kacang yang lebih tinggi menghasilkan warna yang lebih gelap (Yahya *et al.* 2022).

4.8 Penentuan Formula Terpilih Mi Sagu dan Kacang Bogor

Penentuan formula terpilih mi sagu dan kacang bogor ditentukan berdasarkan parameter kandungan gizi utama yang berperan dalam sifat fungsional dan respon fisiologis yaitu serat pangan, protein, pati resisten, amilosa, dan amilopektin. Parameter-parameter ini dipilih karena memiliki hubungan terhadap pengendalian respon glikemik. Penambahan tepung kacang bogor pada mi menyebabkan peningkatan kadar serat pangan dan protein pada formula F0 sampai formula F3. Formula F3 (50:50) memiliki kandungan gizi serat pangan dan protein tertinggi, akan tetapi terjadi penurunan nilai kadar amilosa dan total pati yang cukup besar pada formula mi F3. Penurunan kadar amilosa menyebabkan penurunan struktur gel pati sehingga mempengaruhi kualitas mi. Formula F2 (60:40) menunjukkan keseimbangan kandungan gizi yang paling optimal, ditandai dengan kandungan

serat pangan dan protein yang tinggi, kandungan pati resisten yang meningkat secara signifikan, serta kadar amilosa yang lebih tinggi dibandingkan formula F3. Dengan demikian, berdasarkan pertimbangan hasil uji kandungan gizi serat pangan, protein, pati resisten dan maka formula F2 (proporsi tepung sagu 60% dan tepung kacang bogor 40%) dipilih sebagai formula terbaik mi sagu dan kacang bogor.

1.9 Respon glikemik dan indeks glikemik mi berbahan dasar sagu dan kacang bogor

Pangan dapat dibedakan berdasarkan kecepatan pencernaan dan penyerapan glukosa serta fluktuasi glukosa darahnya. Pengukuran IG dilakukan dengan cara membandingkan luas area bawah kurva (Incremental Area Under the Curve) dari respon glukosa darah subjek setelah mengonsumsi pangan uji yang mengandung 50 g available carbohydrate dengan respon glukosa darah setelah mengonsumsi pangan standar 50 g glukosa murni pada subjek yang sama (Wolever *et al.* 2008). Terdapat 3 formula Pangan uji yang diberikan pada penelitian ini setara dengan 50 g available carbohydrate, jumlah porsi yang diberikan apabila setara dengan 50 g available carbohydrate adalah 57,7 g mi kering atau sekitar 138 g mi basah yang telah direhidrasi pada formula F0 (100% sagu), 75,4 g mi kering setara dengan 175 g mi basah yang telah di rehidrasi pada formula terpilih (60% sagu dan 40% tepung kacang bogor) dan 49,8 g mi kering dan setara dengan 110 g mi basah yang telah di rehidrasi pada formula mi sagu komersial. Indeks glikemik adalah diet rendah IG meningkatkan kontrol glikemik pada penderita diabetes dan memudahkan pemilihan makanan yang tidak menaikkan kadar glukosa darah secara drastis (Rimbawan dan Siagian 2004). Subjek yang terlibat dalam pengukuran indeks glikemik terdiri dari 10 orang dengan perbandingan subjek laki-laki dan Perempuan 50:50. Pengukuran indeks glikemik pada produk terpilih mi sagu dan kacang bogor dilakukan secara in vivo dengan jumlah subjek yang dilibatkan sebanyak 10 orang. Karakteristik subjek relatif homogen, karena nilai %CV untuk IMT (BMI) $\leq 5\%$ (Jamaiyah *et al.* 2010) dan %CV untuk kadar gula darah puasa $< 33\%$ (Mo *et al.* 2021). Karakteristik subjek penelitian disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Karakteristik subjek penelitian

Kode subjek	Jenis kelamin	Usia	Berat badan (kg)	Tinggi badan (cm)	IMT kg/m	GDP (mg/dl)
001	Laki-laki	24	62	169	21.7	85
002	Laki-laki	24	59	168	20.9	89
003	Laki-laki	22	65	173	21.7	79
004	Laki-laki	21	64	170	22.1	88
005	Laki-laki	25	73	180	22.5	90
006	Perempuan	25	48	150	21.3	91
007	Perempuan	22	52	156	21.4	96
008	Perempuan	24	46	145	21.9	88
009	Perempuan	23	56	155	22.3	83
010	Perempuan	24	54	153.4	22.9	86
Mean $\pm$ SEM		23 $\pm$ 0.43	57.90 $\pm$ 2.64	161.9 $\pm$ 10	21.97 $\pm$ 0.23	87.50 $\pm$ 1.47
%CV		5.91%	14.4%	19.5%	3.32%	5.32%

SEM, Standard Error of the Mean; IMT, Indeks Masa Tubuh; GDP, Gula darah puasa; %CV, coefficient of variation.

Tabel 12 menunjukkan seseorang yang memiliki status gizi normal umumnya memiliki kadar glukosa darah yang normal (Lestari *et al.* 2011). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Harsari *et al.* (2018) pada pasien DM tipe 2 yang menunjukkan bahwa semakin meningkat IMT maka kadar glukosa darah puasa semakin tinggi. Salah satu faktor yang diduga memengaruhi respon glikemik dalam pengukuran IG khususnya ketika glukosa murni digunakan sebagai pangan standar adalah karakteristik subjek (Venn *et al.* 2014). Respon glikemik didefinisikan sebagai respon glukosa darah postprandial yang terjadi ketika makanan yang mengandung karbohidrat dicerna. Setiap individu memiliki respon glikemik yang berbeda yang dapat dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, etnis, status gizi, sensitivitas insulin, dan fungsi β -pankreas (Wolever *et al.* 2015).

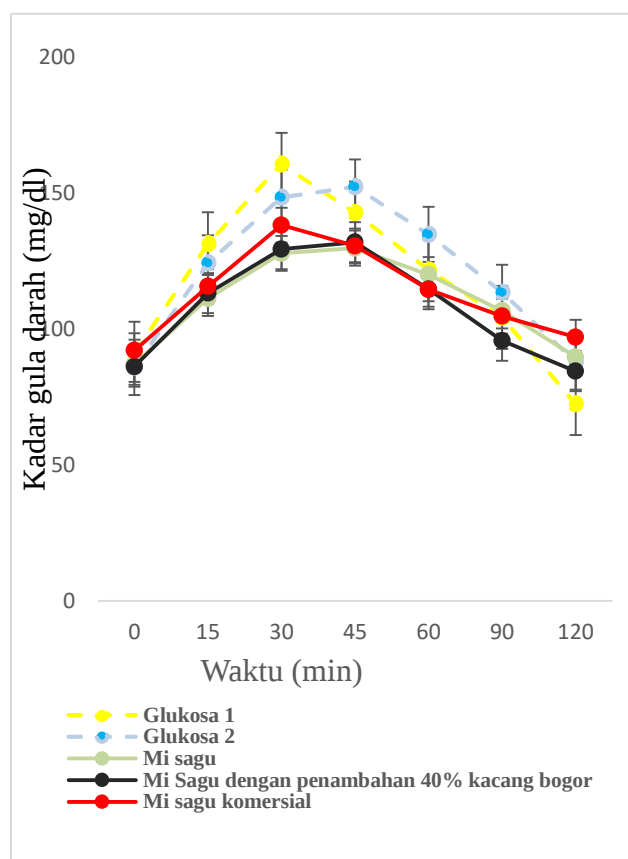
Tabel 13 menunjukan respon glikemik setiap responden pengamatan glukosa darah dilakukan pada menit ke-0, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 untuk merekam profil glikemik postprandial secara menyeluruh. Pengukuran baseline (menit 0) setelah puasa 10 jam berfungsi sebagai kontrol internal antar subjek (Brouns *et al.* 2005). Periode 15–30 menit menangkap fase absorpsi awal yang melibatkan hidrolisis pati oleh α -amilase dan transport glukosa (Kellett dan Brot-Laroche 2005). Puncak glukosa (45–60 menit) dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan derajat gelatinisasi pati (Singh *et al.* 2010). Fase 90–120 menit mengukur normalisasi glukosa melalui uptake insulin-mediated (Augustin *et al.* 2015).

Tabel 13 Respon glikemik mi sagu dan kacang bogor

Pangan	Waktu						
	0	15	30	45	60	90	120
Glukosa 1	91.09 $\pm$ 5.31 ^b	131.36 $\pm$ 14.23 ^c	160.63 $\pm$ 18.96 ^d	142.73 $\pm$ 29.35 ^c	121.73 $\pm$ 21.87 ^c	104.27 $\pm$ 14.79 ^b	72.55 $\pm$ 18.3 ^a
Glukosa 2	85.91 $\pm$ 8.22 ^a	124.27 $\pm$ 7.87 ^b	148.45 $\pm$ 11.69 ^c	152.27 $\pm$ 20.24 ^c	134.82 $\pm$ 20.24 ^b	113.45 $\pm$ 13.64 ^b	87.91 $\pm$ 5.05 ^a
F0	87.32 $\pm$ 4.30 ^a	111.27 $\pm$ 8.15 ^b	127.81 $\pm$ 12.33 ^d	129.72 $\pm$ 8.74 ^d	120 $\pm$ 135	106.72 $\pm$ 21.68 ^b	89.72 $\pm$ 10 ^a
Formula	86.15 $\pm$ 5.05 ^a	113.18 $\pm$ 6.63 ^c	129.36 $\pm$ 10.14 ^d	131.94 $\pm$ 9.94 ^d	114.63 $\pm$ 9.42 ^c	95.72 $\pm$ 74 ^b	84.45 $\pm$.94 ^a
Terpilih	92.09 $\pm$ 5.48 ^a	115.64 $\pm$ 10.36 ^c	138.18 $\pm$ 15.36 ^d	130.55 $\pm$ 17.20 ^d	114.55 $\pm$ 15.42 ^c	103.73 $\pm$ 10.62 ^b	97.00 $\pm$.62 ^a
Komersil							

Keterangan: ^{a-d}Angka dalam kolom yang sama dengan huruf superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). F0: (Tepung sagu 100:0 kacang bambara), Formula terpilih: (Tepung sagu 60: 40 tepung kacang bogor); mi sagu komersial.

Analisis statistik menunjukan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar kelompok perlakuan pada titik waktu. Pada menit ke-0 (*baseline*), tidak terdapat perbedaan signifikan kadar glukosa darah antar kelompok dengan rentang 160.63 $\pm$ 18.96 mg/dL pada menit ke-30, sesuai dengan sifat glukosa yang merupakan monosakarida dengan absorpsi paling cepat (Brand-Miller *et al.* 2009).



Gambar 9 Respon glikemik dari subjek setelah mengonsumsi glukosa murni, mi sagu dan formula terpilih

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9 rata-rata respon glikemik subjek terhadap pangan uji mi sagu dan kacang bogor berada di bawah kurva respon glikemik pangan standar (glukosa murni). Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai indeks glikemik (IG) dari pangan uji mi instan sagu dan kacang bogor di bawah 100. Berdasarkan Brouns *et al.* (2005), glukosa murni dianggap dapat dicerna dan diserap seluruhnya oleh tubuh sehingga memiliki nilai IG 100. Berdasarkan Gambar 9 diketahui bahwa terjadi peningkatan kadar glukosa darah setelah diberikan pangan standar dan pangan uji pada menit ke-15 dan mencapai puncak pada menit ke-30. Hal tersebut menunjukkan bahwa glukosa darah langsung dicerna dan diserap oleh tubuh. Hal ini sejalan dengan penelitian Eliana *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa respon glikemik untuk pangan standar glukosa akan terlihat setelah menit ke-15, mencapai puncak pada menit ke-30, dan kemudian menurun secara perlahan. Puncak respon glikemik pada glukosa murni sebesar 161 mg/dL, sedangkan pada pangan uji mi sagu puncak respon glikemik lebih rendah yaitu sebesar 130 mg/dL, pada pangan uji formula terpilih juga lebih rendah yaitu 132 mg/dL. Kenaikan glukosa darah yang rendah dipengaruhi oleh jumlah serat dan pati resisten dalam bahan pangan. Kadar serat pangan yang tinggi dapat berpengaruh terhadap rendahnya kenaikan glukosa darah setelah dikonsumsi. Indeks glikemik merupakan peringkat relatif karbohidrat dalam makanan pada skala 0 hingga 100, berdasarkan kecepatan pangan dalam meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi. Karbohidrat yang cepat dicerna dan melepas

glukosa dengan cepat ke dalam aliran darah memiliki nilai IG yang tinggi, sebaliknya karbohidrat yang membutuhkan waktu relatif lebih lama untuk dicerna memiliki nilai IG yang lebih rendah. Nilai IG diperoleh dengan cara melakukan perhitungan nilai IG pada masing-masing subjek terlebih dahulu. Perhitungan nilai IG setiap subjek dilakukan dengan cara membandingkan luas IAUC pangan uji dengan pangan standar (glukosa murni) dari masing-masing subjek kemudian dikalikan 100. Nilai indeks glikemik mi dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14 Nilai indeks glikemik mi sagu dan kacang bogor

Pangan uji	IG (Mean±SEM)	Kategori IG
F0	56±8.12 ^a	Sedang
Formula terpilih	49±4.84 ^a	Rendah
Mi sagu komersial	46±4.83 ^a	Rendah

Keterangan: ^{a-d}Angka dalam kolom yang sama dengan huruf superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). F0: (Tepung sagu 100:0 kacang bambara), Formula terpilih: (Tepung sagu 60: 40 tepung kacang bogor); mi sagu komersial.

Berdasarkan Tabel 13, nilai indeks glikemik (IG) mi sagu (100% sagu) adalah 56±8,12, formula terpilih (60% sagu dan 40% kacang bogor) adalah 49±4,84, dan formula komersial adalah 46±4,83. Menurut ISO 26642:2010, nilai indeks glikemik dapat dikategorikan menjadi tiga: rendah (≤ 55), sedang (55–70), dan tinggi (> 70). Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan 40% tepung kacang bogor pada mi sagu termasuk dalam kategori rendah. Perhitungan IG dalam penelitian ini dapat diterima karena persentase standar error rata-rata dari nilai IG tidak melebihi 20%.

Respons glikemik subjek terhadap makanan dapat dilihat pada gambar 3, Respons glikemik menunjukkan kenaikan dan penurunan kadar glukosa darah setelah mengonsumsi makanan. Kadar glukosa darah puncak terjadi pada menit ke-30, dengan rata-rata kadar glukosa mi sagu 127,81±12,33, mi sagu dengan 40% kacang bogor 129,36±10,14, dan mi terigu komersial 138,18±15,36. Kadar glukosa darah menurun hingga 120 menit dan kembali ke level yang tidak berbeda signifikan dari kadar glukosa puasa. Mi sagu dengan 40% penambahan kacang bogor menunjukkan kurva respons glikemik yang paling datar dibandingkan mi sagu. Menurut klasifikasi ISO 26642:2010, mi sagu memiliki IG sedang (56±8,12), sedangkan mi sagu dengan 40% kacang bogor (49±4,84) dan mi sagu komersial (46±4,83) termasuk kategori IG rendah. Penurunan nilai IG pada mi sagu dengan tambahan kacang bogor berkaitan dengan perubahan komposisi gizi, terutama peningkatan serat pangan, protein, dan lemak. Formula terpilih memiliki serat tinggi (11,05%), protein (9,73–10,24%), dan lemak (3,36%), yang dapat memperlambat pengosongan lambung, laju pencernaan, dan penyerapan glukosa. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa peningkatan asupan serat secara signifikan berkorelasi dengan penurunan indeks glikemik dan respons glukosa darah (Dhaheri *et al.* 2015; Lal *et al.* 2021). Selain serat, peningkatan protein dan lemak juga berkontribusi pada rendahnya IG mi sagu–kacang bogor. Kandungan protein pada formula F2 meningkat hampir lima kali lipat dibandingkan mi sagu 100% (2,10±0,11%), sedangkan lemak meningkat dari 0,01±0,00% menjadi 3,36±0,10%. Protein dan lemak dikenal dapat memperlambat pengosongan lambung, laju pencernaan pati, serta memodulasi sekresi insulin sehingga

memperlambat pelepasan glukosa ke aliran darah. Mekanisme ini umum terjadi pada pangan berbasis karbohidrat yang diperkaya kacang. Faktor lain yang memengaruhi IG adalah kandungan dan komposisi pati resisten, terutama rasio amilosa terhadap amilopektin. Formula terpilih menunjukkan kandungan pati resisten yang relatif tinggi dan kadar amilosa lebih rendah dibandingkan mi sagu 100%, membentuk matriks pati–protein–serat yang lebih kompleks. Pati resisten adalah fraksi pati yang tidak dihidrolisis oleh enzim pencernaan di usus halus, sehingga memperlambat kenaikan glukosa darah pascaprandial dan menghasilkan respons glikemik yang lebih stabil. Konsumsi makanan tinggi pati resisten dilaporkan secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah pascaprandial dibandingkan makanan rendah pati resisten (Pugh *et al.* 2023). Dibandingkan mi komersial yang juga memiliki IG rendah ($46 \pm 4,83$), mi sagu dan kacang bogor memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi dibandingkn mi sagu komersial, terutama kandungan protein dan serat. Mi komersial mengandung 2,35% serat, jauh lebih rendah dibandingkan formula terpilih yang melebihi 11%, mi komersial memiliki energi lebih tinggi (447 kkal). Komposisi mi memengaruhi respons glikemik, kandungan serat, protein, dan lemak yang lebih tinggi dikaitkan dengan pengosongan lambung lebih lambat dan pencernaan pati lebih lambat, sehingga area di bawah kurva (IAUC) berkurang dan IG lebih rendah (Wolever *et al.* 2010; Jones *et al.* 2017). Serat pangan dan pati resisten dapat melapisi granula pati dan meningkatkan viskositas digesta, menunda akses enzim dan penyerapan glukosa (Birt *et al.* 2013). Protein dan lemak juga memperlambat pengosongan lambung, memodulasi sekresi insulin, dan menurunkan laju glukosa masuk ke darah (Wolever & Jenkins 1986; Wanders *et al.* 2011).

Dibandingkan mi terigu komersial, formula mi sagu dan kacang bogor memiliki keunggulan jelas. Meskipun mi terigu komersial juga memiliki IG rendah, kandungan serat dan protein yang lebih rendah membatasi kemampuannya untuk mengatur glikemia pascaprandial melalui mekanisme tersebut (Jenkins *et al.*, 1987). Selain itu, sagu dan kacang bogor merupakan tanaman tahan iklim, memberikan stabilitas yang lebih baik dibandingkan gandum yang sensitif terhadap perubahan lingkungan (FAO 2018; Thilakarathna dan Raizada 2018). Hal ini meningkatkan potensi mi sagu–kacang bogor sebagai pangan fungsional padat nutrisi.

Mi sagu dengan substitusi kacang bogor berpotensi menjadi alternatif pangan fungsional rendah IG yang unggul, sekaligus memberikan dukungan gizi lebih baik dalam pengendalian glukosa darah dan pencegahan penyakit metabolik (Adebola 2023; Hasan *et al.* 2024).

4.10 Beban Glikemik mi berbahan sagu dan kacang bogor

Beban glikemik adalah hasil dari karbohidrat per 100 g dikalikan dengan IG yang satu muatannya sama dengan konsumsi satu gram glukosa (Kemenkes, 2022). Konsumsi makanan dengan BG rendah dapat membantu mencegah kenaikan gula darah yang signifikan dengan mengurangi pelepasan insulin oleh pankreas, begitupun sebaliknya (Zhang *et al.* 2020). Hasil beban glikemik dari tiga pangan yaitu F0 (100 tepung sagu) memiliki beban glikemik 28, formula terpilih (60 tepung sagu:40 tepung kacang bogor) memiliki beban glikemik 22 dan mi sagu komersial memiliki beban glikemik 18. Hasil uji pada tiga pangan berbasis sagu menunjukkan adanya pengaruh komposisi terhadap beban glikemik. Formula F0

100% tepung sagu memiliki beban glikemik 28, termasuk kategori tinggi, formula terpilih 60% tepung sagu dan 40% tepung kacang bogor memiliki beban glikemik 22, masih tergolong tinggi namun lebih rendah dibanding F0 dan mi sagu komersial memiliki BG 18, termasuk kategori sedang. Nilai beban glikemik dipengaruhi oleh jumlah karbohidrat yang dikonsumsi dalam satu porsi pangan. Oleh karena itu, makanan dengan IG rendah namun porsi karbohidrat tinggi tetap dapat menghasilkan BG tinggi (Foster *et al.* 2002). Dengan demikian, modifikasi komposisi bahan pangan melalui penambahan kacang atau formulasi komersial dapat menjadi strategi efektif untuk menurunkan BG dan mendukung pengendalian gula darah, khususnya pada individu yang memerlukan kontrol glikemik.



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Mi sagu dengan Penambahan tepung kacang bogor dapat meningkatkan kandungan gizi dan menurunkan indeks glikemik pada mi. Formula mi dengan 60% sagu dan 40% kacang bogor menunjukkan peningkatan kandungan protein (9,73–10,24%), serat pangan (11,05%), dan lemak (3,36%) dibandingkan mi sagu 100%, sehingga memperlambat pengosongan lambung dan pencernaan pati. Kondisi ini berkontribusi pada respons glikemik yang lebih rendah, dengan nilai IG termasuk kategori rendah ($49 \pm 4,84$). Selain itu, kandungan pati resisten dan kandungan gizi seperti protein dan serat yang tinggi mendukung pengendalian kadar glukosa darah pascaprandial. Dibandingkan mi terigu komersial, mi sagu dan kacang bogor memiliki kandungan serat dan protein lebih tinggi, yang berperan dalam menurunkan laju pencernaan pati dan respons glukosa darah. Oleh karena itu, mi sagu dan kacang bogor berpotensi menjadi alternatif makanan pokok tinggi serat dan rendah indeks glikemik bagi kelompok umum maupun kelompok khusus seperti penyandang pre diabetes melitus atau overweight.

5.2 Saran

Mi sagu dan kacang bogor diproduksi dalam skala besar, tetapi perlu dilakukan pengujian umur simpan terhadap mi sagu dan kacang bogor. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya penambahan bahan lain untuk memperbaiki dari kualitas mi sagu dan kacang bogor sehingga menghasilkan tekstur mi yang baik dan dapat diterima. Optimalisasi proporsi tepung sagu dan kacang bogor perlu diperhatikan untuk mencapai keseimbangan antara kandungan gizi, tekstur, nilai indeks glikemik, serta daya simpan produk. Penambahan kacang bogor juga berpotensi meningkatkan kandungan senyawa bioaktif, termasuk antioksidan, sehingga mi ini tidak hanya mendukung pengendalian kadar glukosa darah, tetapi juga dapat memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad FB, Williams PA, Doublier JL, Durand S, Buleon A. 1999. Physicochemical characterization of sago starch. *Journal Carbohydr Polym.* 38(1999):361-370.
- Adedayo BC, Adebayo AA, Nwanna EE, Obboh G. (2018). Effect of cooking on glycemic index, antioxidant activities, α -amylase, and α -glucosidase inhibitory properties of two rice varieties. *Food Science & Nutrition* 6, 2301-07. doi: 10.1002/fsn3.806
- Adeleke OR, Adiamo OQ, Fawale OS, Olamiti G. 2017. Effect of Soaking and Boiling on Anti-Nutritional Factors, Oligosaccharide Contents and Protein Digestibility of Newly Developed Bambara Groundnut Cultivars. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology.* 5(9):1006–1014. doi:10.24925/turjaf.v5i9.1006-1014.949.
- Agustia FC, Subardjo YP, Sitasari A. 2016. Formulasi dan Karakterisasi Mi Bebas Gluten Tinggi Protein Berbahan Pati Sagu yang Disubstitusi Tepung Kacang-Kacangan. *Jurnal Gizi Pangan.* 11(3):183-190. doi: [10.25182/jgp.2016.11.3.183-190](https://doi.org/10.25182/jgp.2016.11.3.183-190).
- Alsaffar AA. 2011. Effect of food processing on the resistant starch content of cereals and cereals product-a review. *Int J Food Sci Technol.* 46:455-462. doi:10.1111/j.1365-2621.2010.02529.x
- Angelica W, Simaremare ES, Gunawan E. 2019. Penentuan indeks glikemik berbagai olahan sagu Papua pada tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi aloksan. *JFLS.* 3(1):39-45.
- Argasasmita, T. 2008. Karakterisasi sifat fisikokimia dan indeks glikemik varietas beras beramilosa rendah dan tinggi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Arif AB, Budiyo A, Hoerudin. 2013. Nilai indeks glikemik produk pangan dan faktor-faktor yang memengaruhinya. *Journal Litbang Pertanian.* 32(3):91-99.
- Augustin LSA, Kendall CWC, Jenkins DJA, Willet WC, Astrup A, Barclay AW, Bjorck I, Brand-Miller JC, Brighenti F, Buyken AE, Ceriello A, La Vecchia C, Livesey G, Liu S, Riccardi G, Rizkalla SW, Sievenpiper JL, Trichopoulos A, Poli A. 2015. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus. *International Journal Carbohydrate Quality Consortium (ICQC).* NCCD.25(9):795-815. doi:10.1016/j.numecd.2015.05.005.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemist. 18th Ed. Virginia (US): AOAC International.
- Barclay, A.W., Petocz, P., McMillan-Price, J., Flood, V.M., Prvan, T., Mitchell, P., & Brand-Miller, J.C. 2008. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk: a meta-analysis of observational studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(3), 627–637. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.3.627>

- Behall KM, Hallfrisch J. 2002. Plasma glucose and insulin reduction after consumption of breads varying in amylose content. *Journal Clinical Nutritional*. 56 (2002):913-920.
- Bell KJ, Smart CE, Steil GM, Brand-Miller JC, King B, Wolpert H. 2015. Impact of protein, fat and glycemic index on postprandial glucose control in type 1 diabetes mellitus: implications for intensive diabetes management in the continuous glucose monitoring era. *Diabet Care*. 38(6):1008-1015. doi: 10.2337/dc15-0100.
- Bhupathiraju SN, Tobias DK, Malik VS, Pan A, Hruby A, Manson JE, Hu FB. 2014. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: result of 3 large US cohorts and an update meta-analysis. *Journal Clinical Nutritional*. 100(1):218-232.doi:10.3945/ajcn.113.079533.
- Bodinharn CL, Smith L, Thomas EL, Bell JD, Swann JR, Costabile A, Russels JD, Umpleby AM, Robertson MD. 2014. Efficacy of increased resistant starch consumption in human type 2 diabetes. *Endocrin Connect*. 3(2):75-84.doi:10.1530/EC-14-0036.
- [BPOM] 2022. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan. Jakarta: BPOM RI.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2019. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 1 Tahun 2019 tentang. 2019. Pedoman Evaluasi Mutu Gizi dan Non Gizi Pangan. Jakarta: Direktorat Standarisasi Pangan Olahan.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2018. SNI 3551-2018: Standar Nasional Indonesia Mi Instan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, Wolever TMS. 2005. Glycaemic Index Methodology. *Nutr Res Rev*. 18(1):145–171. doi:10.1079/nrr2005100
- Canti M, Fransiska I, Lestari D. 2020. Karakteristik Mi Kering Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Labu Kuning dan Tepung Ikan Tuna. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 9(4) 181–187. doi: 10.17728/jatp.6801
- Diyah NW, Ambarwati A, Gita, Warsito, Niken G, Eriza, Heriwiyantri, wyndisari, Prisnawan D, Robi'atul F, Hartasari, Purwanto. Evaluasi Kandungan Glukosa Dan Indeks Glikemik Beberapa Sumber Karbohidrat Dalam Upaya Penggalan Pangan Ber-Indeks Glikemik Rendah. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 3(2):67.doi: http://dx.doi.org/10.20473/jfiki.v3i22016.67-73
- Dyson PA, Kelly T, Deakin T, Duncan A, Frost G, Harrison Z, Khatri D, Kunka D, McArdle P, Mellor D, Oliver L, Worth J. 2011. Diabetes UK evidence based nutrition guidelines for prevention and management of diabetes. *Diabet Med*. 28(11): 1282-1288. doi:10.1111/j.1464-5491.2011. 03371.
- Esayed, N.A., Aleppo, G., Aroda, V.R., Bannuru, R.R., Brown, F.M., Bruemmer, D., et al.2023. Classification and diagnosis of diabetes: standards of care in

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

diabetes-2023. *Diabetes Care*, 46, S19–S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>

Evert AB, Boucher JL, Cypress M, Dunbar SA, Franz MJ, mayer-Davis EJ, Neumiller JL, Nwankwo R, Verdi CL, Urbanski P, Yancy WS. 2014. Nutrition therapy recommendation for the management of adult with diabetes. *Diabet Care*. 37(1):s120-s143.doi:10.2337/dc14-S120.

Fathurrizqiah R, Panunggal B. 2015. Kandungan Pati Resisten, Amilosa, Dan Amilopektin Snack Bar Sorgum Sebagai Alternatif Makanan Selingan Bagi Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. Of Nutrition College, Volume Halaman Of Nutrition College. <http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jnc>. 4.

Flach M. 1983. The Sago Palm. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of United Nation.

Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. 2002. International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values. *Am J Clin Nutr*. 76(1):5–56. doi:10.1093/ajcn/76.1.5

Fuentes ZE, Riquelme NMJ, Sanchez ZE, Perez AJA. 2010. Resistant starch as functional ingredient: a review. *Food Res Int*. 43(4): 931-942.doi:10.1016/j.foodres.2010.02.004

Galicia GU, Benito VA, Jebari S, Larrea SA, Siddiqi H, Uribe KB, Ostolaza H, Martín C. Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Science* (17):6275. doi: 10.3390/ijms21176275.

Greenwood, D.C., Threapleton, D.E., Evans, C.E., Cleghorn, C.L., Nykjaer, C., Woodhead, C., & Burley, V.J. 2020. Glycemic index, glycemic load, carbohydrates, and type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care*, 36(12), 4166–4171. <https://doi.org/10.2337/dc13-0325>

Haliza W, Purwani EY, Yuliani S. 2006. Evaluasi kadar pati tahan cerna (PTC) dan nilai indeks glikemik mi sagu. *JTIP*. 17(2): 149-152

Hasan, V., Astuti, S., Susilawati, D. 2011. Indeks glikemik oyek dan tiwul. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil*. <https://doi.org/10.23960/jtihp.v16i1.34-50>

Higgins JA. 2014. Resistant starch and energy balance: Impact on weight loss and maintenance. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 54(9):1158-1166. doi: 10.1080/10408398.2011.629352.

Indrasari, S.D., Purwani, E., Wibowo, P., Jumali. 2008. Nilai indeks glikemik beras beberapa varietas padi. *Penelitian Pertanian Pangan*, 27(3), 127–134

[ISO] International Standar 2010. ISSO 26642:2010 Food Products Determination of The Glycaemic Index (GI) and Recommendation for Food Classification. [diakses 2024 September 13]. Tersedia dari: [https://ISO 26642:2010 - Food products — Determination of the glycaemic index \(GI\) and recommendation for food classification](https://ISO 26642:2010 - Food products — Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification)

Karim, A.A., Tie, A.P.L., Manan, D.M.A., Zaidul, I.S.M. 2008. Starch from the sago palm (*Metroxylon sagu*): Properties and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), 215–228

Karsodimejo SM, Kusnandar F, Lioe HN, Jayanegara A. 2023. Modulasi Kadar Pati Resisten Berbagai Pangan Karbohidrat melalui Pemanasan Microwave: Meta-Analisis Resistant Starch Content Modulation of Carbohydrates Sources through Microwave Heating: *Meta-Analysis*. 34(2), 210–223.

Kaur B, Chin RQY, Camps S, Henry CJ. 2016. The impact of a low glycemic index diet on simultaneous of blood glucose and fat oxidation. *JCTE*.4(2016):45–42.doi:10.1016/j.jcte.2016.04.003.

Kaur B, Ranawana V, Henry CJK. 2016. The glycaemic index of rice and rice products: a review, and table of GI values. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 56 (2): 215-236.doi: 10.1080/10408398.2012.717976

[KEMENKES] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018. Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI). Jakarta:Kemenkes

[KEMENKES] 2023. Survey Kesehatan Indonesia (SKI). Jakarta: Kemenkes.

Kim MK, Park J, Kim D. 2024. Resistant starch and type 2 diabetes mellitus: *Clinical perspective*. 15(4), 395–401. <https://doi.org/10.1111/jdi.14139>

Lal MK, Singh B, Sharma S, Singh MP, Kumar A. 2021. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends in Food Science & Technology* 111, 741-755. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.067>

Lan, J., Chen, M., Zhang, X., & Yang, J. 2025. Effect of dietary carbohydrate intake on glycaemic control and insulin resistance in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 34(3), 282–297. [https://doi.org/10.6133/apjcn.202506_34\(3\).0003](https://doi.org/10.6133/apjcn.202506_34(3).0003)

Ley SH, Hamdy O, Hu FB. 2014. Prevention and managemet of type 2 diabetes: dietary component and nutritional strategies. *Lancet*. 383(9933):1999-2007.doi:10.1016/S0140-6736(14)60613-9.

Li, X., Wang, Y., Zhang, L., *et al.*2026. Influence of amylose content on rheological and textural properties of noodles. *Food Science and Technology*, 47(1), 102–111. <https://doi.org/10.1007/s44462-025-00043-3>

Lockyer S, Nugent AP. 2017. Review: Health effects of resistant starch. *Nutr Bull*. 42(1):10-41.doi:10.1111/nbu.12244.

Lucket CR, Wang YJ. 2012. Effects of beta-amylosis on the resistant starch formation of debranched corn starches. *J Agr Food Chem*. 60(18):4751- 4757. doi: 10.1021/jf300854e.

Ludwig DS. 2002. The glycemic index. Physiological mechanism relating to obesity, diabetes, and cardiovascular diseases. *JAMA*. 287(13):2414-2423.doi:10.1001/jama.287.18.2414.

Ma, H., Liu, J., Chen, F., *et al.*2024. Effects of starch granule size distribution on noodle quality and structure. *Journal of Cereal Science*, 109, 103564. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103564>

Marsh K, Barclay A, Colagiuri S. (2011). Glycemic Index and Glycemic Load of Carbohydrates in the Diabetes Diet. *Curr Diab Rep*; 11; 20–27.

- Nayak B, Berrios JDJ, Tang I. 2014. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products: a review. *Food Res Int.* 56:24-46. doi:10.1016/j.foodres.2013.12.020.
- Nurhidajah, Astuti, Mary, Sardjono, Murdiati, Agnes, Marsono, Yustinus. 2015. Kadar serat pangan dan daya cerna pati mi merah yang diperkaya kappa karagenan dan ekstrak antosianin dengan variasi metode pengolahan. Di dalam: The 2nd University Research Colloquium
- Nuttall, F.Q., & Gannon, M.C. 1991. Plasma glucose and insulin response to macronutrients in nondiabetic and NIDDM subjects. *Diabetes Care*, 14(9), 824–838.
- Oyeyinka SA, Singh S, Amonsou EO. 2017. Physicochemical properties of starches extracted from bambara groundnut landraces. *Starch Stärke*, 69(3-4), 1600089. doi:10.1002/star.201600089
- Oyeyinka, S.A., *et al.* 2016. Physicochemical properties of starches from Bambara groundnut. *LWT – Food Science and Technology*
- Pi-Sunyer, F.X. 2002. Glycemic index and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 290S–298S.
- Post RE, Mainous III AG, King DE, Simpson KN. 2012. Dietary fiber for the treatment of type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. *J Am Board Fam Med.* 25(1):16-23. doi:10.3122/jabfm.2012.01.110148.
- Pugh, J.E., Cai, M., Altieri, N., Frost, G. 2023. A comparison of the effects of resistant starch types on glycemic response in individuals with type 2 diabetes or prediabetes: A systematic review and meta-analysis. *Front Nutr*, 10, 1118229. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118229>
- Rahmawati S, Wahyuni S, Khaeruni A. 2019. Pengaruh Modifikasi terhadap Karakteristik Kimia Tepung Sagu Termodifikasi : Studi Kepustakaan. *Jurnal sains dan teknologi pangan.* 2096-2103.
- Raigond P, Ezekiel R, Raigond B. 2014. Resistant starch in food: a review. *J Sci Food Agr.* 95(10):1968-1978. doi:10.1002/jsfa.6966.
- Ramadhani KA, Soleh W. 2018 Pertumbuhan Dan Hasil Kacang Bogor (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.) Varietas Lokal Lembang Di Kalimantan Selatan. *Ziraa Ah Majalah Ilmiah Pertanian* 192-197.
- Reader DM, O'Connell BS, Johson ML, Franz M. 2002. Glycemic and insulinemic response of subjects with type 2 diabetes after consumption of three energy bars. *J Academy Nutr Dietetics.* 102(8):1139-1142.
- Regmi PR, Kempen TATG, Matte JJ, Zijlstra RT. 2011. Starch with high amylose and low in vitro digestibility increases short-chain fatty acid absorption, reduces peak insulin secretion, and modulates incretin secretion in pigs. *J Nutr.* 141(3):398-405. doi:10.3945/jn.110.132449
- Riccardi G, Rivellese AA, Giacco R. 2008. Role of glycemic index and glycemic load in healthy state in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr.* 87(1): 269s-274s. doi:10.1093/ajcn/87.1.269s

Rimbawan, Siagian A. 2004. Indeks Glikemik Pangan. Jakarta (Id): Penebar Swadaya.

Rimbawan. 2007. Pengembangan teknologi pengolahan beras rendah indeks glisemik. *Jurnal Pangan*. 48(16):70–75. doi:10.33964/jp.v16i1.276

Rivas R, Dratz E, Wagner T, Secor G, Leckband A, Sands DC. (2023) Rapid screening of sixty potato cultivars for starch profiles to address a consumer glycemic dilemma. *PLoS ONE* 18(5), 1-16.doi: 10.1371/journal.pone.0255764.

Robertson MD, Bickerton AS, Dennis AL, Vidal H, Frayn KN. 2005. Insulin sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. *Am Journal Clinical Nutritional*. 82(3):559-567. doi:10.1093/ajcn/82.3.559.

Robertson, M.D., Bickerton, A.S., Dennis, A.L., Vidal, H., & Frayn, K.N. 2005. Insulin sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 82(3), 559–567. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.3.559>

Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR.2006. Resistant starch- a review. *CRIFSFS*. 5(1):1-17.

Sheard, F., Clark, N.G., Brand-Miller, J.C., Franz, M.J., Pi-Sunyer, F.X., Mayer-Davis, E., Kulkarni, K., & Geil, P. 2004. Dietary carbohydrate (amount and type) in the prevention and management of diabetes: a statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 27(9), 2266–2271. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.9.2266>

Singh, J., Dartois, A., Kaur, L. 2010. Starch digestibility in food matrix: A review. *Food Hydrocolloids*, 24, 493–506

Stanhope KL, Schwartz JM, Keim ML, Griffen SC, Bremer AA, Graham JL, Hatcher B, Cox CL, Dyachenko A, Zhang W *et al.*2009. Consuming fructose-sweetened not glucose-sweetened beverages increased visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans. *J Clin Inves*.119: 1322-1334. doi:10.1172/JCI37385.

Syartawidya, S. 2022. Tanaman sagu sebagai pangan sumber karbohidrat yang bermanfaat bagi penderita diabetes. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 8(1),73-82. Doi. 10.47521/Selodangmayang.V8i1.240

Syartiwidya. 2019. Kajian konsumsi sagu dan kejadian diabetes mellitus tipe 2 di Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Tsitsou, S., Athanasaki, C., Dimitriadis, G., Papakonstantinou, E. 2023. Acute effects of dietary fiber in starchy foods on glycemic and insulinemic responses: A systematic review of randomized controlled crossover trials. *Nutrients*, 15(10), 2383. <https://doi.org/10.3390/nu15102383>

Wahjuningsih SB, Marsono Y, Praseptianga D, Haryanto B. 2016. Resistant starch content and glycaemic index of sago (*Metroxylon* spp.) starch and red bean

(*Phaselous vulgaris*) based analouge rice. Pak J Nutr.15(7): 667-672.doi:10.3923/pjn.2016.667.672

- Wahjuningsih SB. 2017. Karakterisasi sifat fungsional dan identifikasi nilai indeks glikemik serta sifat hipoglikemik beras analog berbasis pati sagu (*Metroxylon spp.*) dan tepung kacang merah (*Phaselous vulgaris*).[disertasi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Widowati, S., Santosa, B.S., Astawan, M., Akhyar. 2009. Penurunan indeks glikemik berbagai varietas beras melalui proses pratanak. Jurnal Pascapanen, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v15n2.2018.106-114>
- Wolever TMS, Augustin LSA, Brand-Miller JC, Delport E, Livesey G, Ludwig DS, Sievenpiper JL. 2017. Glycemix index is as reliable as macronutrients on food labels. Am J Clin Nutr. 105 (3): 768-769.
- Wong THT, Louie JCY. 2016.The relationship between resistant starch and glycemic control: A review on current evidence and possible mechanism. Starch. 68(2016):1-9.doi: 10.1002/star.20160205.
- Yao DN, Kouassi KN, Erba D, Scazzina F, Pellegrini N, Casiraghi MC. 2015. Nutritive Evaluation of the Bambara Groundnut Ci12 Landrace [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] Produced in Côte d'Ivoire. International Journal of Molecular Science. 16(9):21428-41. doi: 10.3390/ijms160921428
- Yao DN, Kouassi KN, Erba D, Scazzina F, Pellegrini N, Casiraghi MC. 2015. Nutritive Evaluation of the Bambara Groundnut Ci12 Landrace [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] Produced in Côte d'Ivoire. Int J Mol Sci. 2015 Sep 7;16(9):21428-41. doi: 10.3390/ijms160921428
- Yuliani H, Yuliana ND, Budijanto S. 2015. Formulasi Mi Kering Sagu dengan Substitusi Tepung Kacang Hijau. *Agritech*. 35(4):387-395. doi: 10.22146/agritech.9322.
- Yuliani, S., *et al.*2015. Effect of fiber content on cooking quality of composite noodle. International Food Research Journal, 22, 123–130
- Zhang G, Venkatachalam M, Hamaker BR. 2008. Methods to slow starch digestion rate in functional cereal products. In Hamaker, B.R. (Ed.). Technology of functional cereal products. New York: CRC Press
- Zhao, S., Liu, W., Zhang, Q., *et al.*2025. Role of starch composition in noodle texture and cooking properties. Starch – Stärke, 77(4), 2100123. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39914970/>
- Zhou J, Keenan MJ, Keller J, Fernandez KSO, Pistell PJ, Tulley RT, Raggio AM, Shen L, Zhang H, Martin RJ. 2012. Tolerance, fermentation, and cytokine expression in healthy aged male C57BL/6J mice fed resistant starch. *Mol Nutr Food Res*. (56):515-518.doi:10.1002/mnfr.201100521.
- Zhou ZK, Wang F, Ren X, Wang Y, Blanchard C. 2015. Resistant starch manipulated hyperglycemia/hyperlipidemia and related genes expression in diabetic rats. *Int J Biol Macromol*. 75(2015):316-321. doi: 10.1016/j.ibiomac.2015.01.052.

Zhu, F. 2015. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of sago starch. Food Hydrocolloids, 52, 329–339

[WINA] World Instant Noodle Association. 2023. Global Demand for instant noodles. [diakses 2024 Juni 15]. Tersedia dari: <https://instantnoodles.org/en/noodles/demand/table/>.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.