

## KARAKTERISTIK KIMIA TEPUNG *ISOLATED SOY PROTEIN* DAN POTENSINYA SEBAGAI ANTIDIABETIK PADA MENCIT JANTAN GALUR *SWISS-WEBSTER*

FADIA IMANDA NURHALIZA<sup>1</sup>, ASSYIFA JUNITASARI<sup>1\*</sup>, DAN RISDA ARBA ULFA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung,  
Jl. A.H. Nasution No.105, Cipadung Wetan, Kec. Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat 40614, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung,  
Jl. A.H. Nasution No.105, Cipadung Wetan, Kec. Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat 40614, Indonesia

\*alamat email korespondensi: [assyifajunitasari@uinsgd.ac.id](mailto:assyifajunitasari@uinsgd.ac.id)

---

### Informasi Artikel      Abstrak/Abstract

Kata Kunci: Diabetes;  
isoflavon; tepung ISP;  
uji *in vivo*.

Diabetes melitus merupakan masalah kesehatan global yang jumlah penderitanya terus meningkat, sehingga memicu pencarian alternatif penanganan melalui pangan fungsional. Salah satu contoh pangan fungsional yang potensial untuk dikembangkan adalah tepung ISP. Tepung *isolated soy protein* (ISP) merupakan produk yang dihasilkan dari proses isolasi kacang kedelai dan memiliki peranan yang sangat penting dalam industri pangan. Tepung ISP berpotensi dalam pengendalian kadar gula darah karena mengandung isoflavon yang diketahui dapat meningkatkan sensitivitas dan sekresi insulin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia serta pengaruh pemberian tepung ISP terhadap kadar gula darah pada mencit yang diinduksi diabetes. Karakteristik kimia dianalisis secara kualitatif melalui uji cemaran logam (uji sianida, arsen, nitrit dan logam berat), uji proksimat (uji kadar air, protein, karbohidrat dan gula total), serta identifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR. Pengujian kadar gula darah dilakukan secara *in vivo* dengan dosis ISP 1,5 mg/mL, 1,8 mg/mL dan 2,3 mg/mL. Hasil penelitian menunjukkan tepung ISP bebas cemaran logam, dengan kadar air 8,235%, kadar protein 74,53%, kadar karbohidrat 0,92% dan kadar gula total 0,085%. Selanjutnya, hasil identifikasi gugus fungsi FTIR pada tepung ISP menunjukkan keberadaan isoflavon yang ditandai oleh gugus fenolik khas, yaitu -OH, -CH<sub>3</sub>, karbonil (C=O) dan aromatik (C=C). Hasil uji *in vivo* dengan dosis ISP 1,5 mg/mL menunjukkan penurunan kadar gula darah yang signifikan sebesar 78,41% melampaui efektivitas terapi obat glibenklamid (76,14%), sehingga tepung ISP berpotensi sebagai agen penurun kadar gula darah alami yang efektif dan aman.

Keywords: Diabetes;  
isoflavones; ISP flour;  
*in vivo* test.

*Diabetes mellitus is a global health problem with a steadily increasing number of patients, prompting the search for alternative treatments through functional foods. One promising example of a functional food is ISP flour. Isolated soy protein (ISP) flour is a product obtained from soybean isolation and plays a significant role in the food industry. ISP flour has potential in controlling blood glucose levels due to its isoflavone content, known to enhance insulin sensitivity and secretion. This study aimed to determine the chemical characteristics and the effect of ISP flour administration on blood glucose levels in diabetic mice. Chemical characteristics were qualitatively analyzed through contamination tests (cyanide, arsenic, nitrite, and heavy metals), proximate analysis (moisture, protein, carbohydrate, and total sugar content), and functional group identification using FTIR spectroscopy. Blood glucose testing was performed *in vivo* with ISP doses of 1.5 mg/mL, 1.8 mg/mL, and 2.3 mg/mL. The results showed that ISP flour contained no heavy metal contaminants, with a moisture content of 8.235%, protein 74.53%, carbohydrate 0.92%, and total sugar 0.085%. FTIR analysis confirmed the presence of isoflavones characterized by phenolic groups: -OH, -CH<sub>3</sub>, carbonyl (C=O), and aromatic (C=C). *In vivo* testing with 1.5 mg/mL ISP resulted in a 78.41% reduction in blood glucose, surpassing glibenclamide (76.14%), indicating its potential as a natural, effective, and safe blood glucose-lowering agent.*

## PENDAHULUAN

Diabetes mellitus merupakan salah satu masalah kesehatan global utama, dengan kualitas hidup individu, tetapi juga menimbulkan beban ekonomi dan kesehatan yang besar. Oleh karena itu, strategi penanganan diabetes tidak hanya terbatas pada pengobatan medis, tetapi juga mencakup pendekatan berbasis gaya hidup dan nutrisi, termasuk penggunaan pangan fungsional [2].

Pangan fungsional adalah produk pangan yang tidak hanya memberikan nilai gizi, tetapi juga mengandung komponen bioaktif yang memberikan manfaat kesehatan tertentu. Salah satu contoh pangan fungsional yang menjanjikan adalah tepung *isolated soy protein* (ISP) [3]. Tepung ISP merupakan produk hasil isolasi dari kedelai yang mengandung kadar protein tinggi, yaitu sekitar 90%. Tepung ini telah banyak digunakan dalam industri pangan karena sifat fungsionalnya yang baik, seperti kemampuan menahan air, kelarutan, kemampuan emulsi, pembentukan gel, dan pembentukan busa. Selain itu, ISP juga dapat dicampur dengan bahan lain seperti tepung tapioka untuk meningkatkan tekstur, rasa, dan nilai gizi pada berbagai produk olahan seperti kue, kerupuk, dan sosis.

Di tengah meningkatnya permintaan akan sumber protein yang berkelanjutan, ISP menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap protein hewani. Selain sebagai sumber protein yang kaya, ISP juga mengandung beberapa senyawa bioaktif, khususnya isoflavon seperti genistein, daidzein, dan glycitein, yang telah terbukti memberikan efek fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, termasuk dalam pengelolaan diabetes [4]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi ISP secara teratur dapat membantu menurunkan kadar glukosa darah, meningkatkan sensitivitas insulin, dan memperbaiki metabolisme glukosa [5]. Isoflavon dalam bentuk glikosida juga dapat dikonversi menjadi bentuk aglikon yang lebih aktif secara biologis oleh bakteri usus, sehingga meningkatkan ketersediaan hayatinya [6]. Yoshiri *et al.* (2023) menunjukkan bahwa konsumsi ISP secara terus-menerus selama enam bulan secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus tipe 2. Adekunle *et al.* (2024) menyatakan bahwa isoflavon dalam ISP mampu menurunkan kadar glukosa darah hingga 17%. Selain itu, Hosea *et al.* (2022) melaporkan bahwa tepung kedelai dapat

menurunkan kadar glukosa darah hingga 120,86 mg/dL.

Berdasarkan potensi manfaat tersebut, tepung ISP mulai menarik perhatian sebagai bahan pangan fungsional dengan sifat antidiabetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi tepung ISP dalam menurunkan kadar glukosa darah pada model hewan uji, serta berkontribusi dalam pengembangan alternatif pangan fungsional yang mendukung penanganan diabetes yang lebih efektif dan berkelanjutan.

## EKSPERIMEN

Pada penelitian ini, analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Barat pada Juni 2024, meliputi kadar air menggunakan metode gravimetri, protein dengan metode Kjeldahl, serta karbohidrat dan gula total menggunakan metode Luff-Schoorl dengan modifikasi pada volume pereaksi. Uji kualitatif cemaran logam berat dilakukan mengikuti prosedur standar laboratorium.

Uji in vivo dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Padjadjaran pada Februari–Maret 2025, menggunakan mencit jantan yang diinduksi aloksan (125 mg/kg BB) berdasarkan metode Yoshiri *et al.* (2023) dengan penyesuaian dosis. Identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan FTIR.

### Material

Sampel tepung ISP (komersil),  $K_4Fe(CN)_6$  3N (pa, Merck), seng asetat 3N (pa, Merck), asam klorida (HCl) 37% (pa, Sigma-Aldrich), reagen Luff-Schoorl (pa, Merck), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 6N (pa, Merck), indikator fenoltalein (pa, Merck), serbuk kalium iodida (KI) (pa, Sigma-Aldrich), serta indikator amilum (pa, Merck), tablet Kjeldahl (pa, Merck), larutan natrium hidroksida (NaOH) 32% (pa, Merck), dan larutan asam borat ( $H_3BO_3$ ) 4% (pa, Merck).

### Instrumentasi

Neraca analitik Mettler Toledo XS204, Oven Thermo Scientific, *Scrubber* K-415 dan KjelFlex 360 dan FTIR Thermo Scientific.

### Prosedur

*Analisis Kualitatif Cemaran Logam*

Sebanyak 2 mL sampel dipindahkan ke tabung reaksi untuk analisis kualitatif sianida, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), arsen, dan logam berat. Uji sianida dilakukan dengan penambahan NaOH, fenolftalein, HCl, buffer fosfat, chloramin T, dan piridin HCl, di mana hasil positif ditandai dengan warna biru atau ungu. Uji nitrit dilakukan dengan penambahan reagen nitrit dan naftilendiamin, dengan warna merah muda hingga ungu menunjukkan reaksi positif. Uji arsen dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan HCl, KI,  $\text{SnCl}_2$ , dan granul seng, kemudian tabung ditutup dengan kertas sublimasi selama 15 menit; noda oranye-coklat menunjukkan hasil positif. Uji logam berat dilakukan dengan penambahan asam asetat dan larutan hidrogen sulfida jenuh, di mana terbentuk endapan berwarna menunjukkan keberadaan logam berat.

#### *Uji Kadar Air*

Cawan petri dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  hingga berat konstan tercapai (perbedaan  $\leq 2$  mg), kemudian digunakan untuk menimbang 1 gram tepung ISP secara akurat. Sampel dipanaskan dalam oven dengan suhu yang sama hingga berat konstan diperoleh (perbedaan  $\leq 5$  mg), dengan pendinginan di desikator sebelum penimbangan setiap kali.

#### *Uji Kadar Protein*

Sebanyak 0,5 gram tepung ISP ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Kemudian, ditambahkan 25 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, tablet Kjeldahl, dan beberapa chip perebusan. Campuran tersebut didekstruksi menggunakan alat *Scrubber* K-415 selama 2 jam pada suhu  $420^\circ\text{C}$ . Selanjutnya, larutan secara otomatis dinetralisasi, didistilasi, dan dititrisi menggunakan sistem Kjell-Flex 360.

#### *Uji Kadar Karbohidrat*

Sebanyak 5 gram sampel direfluks menggunakan HCl 3% selama 3 jam, kemudian disaring dan dinetralkan menggunakan indikator fenolftalein. Sebanyak 25 mL filtrat direaksikan dengan reagen Luff-Schoorl, direfluks selama 10 menit, lalu didinginkan. Selanjutnya, ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N dan serbuk KI, dan campuran dititrisi dengan natrium tiosulfat standar 0,1 N menggunakan indikator amilum hingga warna biru hilang.

#### *Uji Kadar Gula Total*

Sebanyak 5 gram sampel dalam air suling panas, kemudian ditambahkan larutan  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  dan seng asetat sebelum diencerkan. Setelah disaring, filtrat direaksikan dengan HCl dan dipanaskan, lalu dinetralkan dengan indikator fenolftalein. Sampel selanjutnya direaksikan dengan reagen Luff-Schoorl dan direfluks, kemudian ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan serbuk KI. Titrasi dilakukan dengan natrium tiosulfat standar menggunakan indikator amilum hingga warna biru hilang.

#### *Uji In Vivo*

Penelitian menggunakan mencit Swiss-Webster berumur sekitar 8 minggu dengan berat 20–26 gram, yang telah diadaptasi selama tujuh hari agar menyesuaikan dengan kondisi eksperimen. Jumlah hewan uji ditentukan menggunakan rumus Federer, sebanyak 24 ekor dibagi ke dalam enam kelompok perlakuan. Diabetes diinduksi melalui injeksi intraperitoneal aloksan dengan dosis 125 mg/kg berat badan. Kadar glukosa darah diukur menggunakan glukometer sebelum induksi, setelah induksi, dan pada hari ke-15 setelah perlakuan. Kelompok hiper glikemik diberi tepung ISP dengan dosis berbeda, yaitu 15, 18, dan 23 mg/kg BB. Sampel tepung ISP didispersikan dalam air suling dengan NaCl sebagai suspending agent. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan pada enam kelompok perlakuan, yaitu kontrol negatif, kontrol positif, kontrol glibenklamid, dan tiga kelompok perlakuan ISP dengan dosis berbeda.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Analisis Kualitatif Cemaran Logam*

Analisis kualitatif cemaran logam pada tepung ISP dilakukan sebagai langkah awal untuk memastikan keamanan produk pangan. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas proses pengolahan ISP yang melibatkan tahapan kimia seperti ekstraksi, pengendapan, dan pengeringan. Tahapan ini berpotensi menyebabkan kontaminasi residu kimia, baik dari bahan tambahan seperti air maupun dari peralatan dan media yang digunakan.

Berdasarkan **Gambar 1** dan **Tabel 1**, analisis cemaran logam berfokus pada deteksi empat parameter toksik: sianida, nitrit, arsen, dan

logam berat. Senyawa-senyawa ini dipilih karena sifatnya yang sangat toksik, bahkan dalam kadar rendah, serta potensinya menyebabkan masalah kesehatan serius, seperti keracunan akut, gangguan sistem saraf, hingga kanker jika terakumulasi dalam tubuh.



**Gambar 1.** hasil uji sianida, nitrit, arsen, dan logam berat pada tepung ISP.

**Tabel 1.** Hasil analisis cemaran logam pada tepung ISP.

Parameter Uji	Sampel Tepung ISP
Sianida	(-)
Nitrit	(-)
Arsen	(-)
Logam Berat	(-)

Sianida merupakan senyawa yang sangat toksik dan menghambat enzim dalam respirasi seluler [7]. Pada uji ini, NaOH ditambahkan ke sampel untuk membebaskan ion sianida ( $CN^-$ ) dari kompleks agar lebih reaktif. Indikator fenolftalein digunakan untuk memantau pH, yang berubah menjadi merah muda dalam kondisi basa (pH 8,3–10). Setelah kondisi basa tercapai, larutan dinetralkan secara bertahap dengan HCl 1 N hingga mendekati netral guna menghindari reaksi samping. Penambahan kloramina T 1% dan pyridine HCl menghasilkan kompleks azo berwarna biru atau ungu jika terdapat sianida. Tidak terjadi perubahan warna pada sampel tepung ISP, menandakan tidak adanya kontaminasi sianida. Ini mengkonfirmasi keamanan produk dari kontaminan toksik ini [8].

Nitrit mengindikasikan potensi kontaminasi mikrobiologis, degradasi protein, atau penambahan bahan pengawet ilegal [9]. Uji nitrit menggunakan metode GriessSaltzman, yang melibatkan reaksi diazotisasi antara sulfanilamida

dan amina aromatik membentuk garam diazonium. Garam ini kemudian bereaksi dengan naftilendiamina membentuk kompleks berwarna merah muda hingga ungu. Tidak ada perubahan warna setelah penambahan reagen, menunjukkan tidak adanya nitrit dalam sampel ISP [10].

Arsen adalah logam berat toksik dan karsinogenik yang menyebabkan gangguan kesehatan serius. Metode Marsh termodifikasi digunakan, yang mereduksi arsen menjadi gas arsina ( $AsH_3$ ) dalam kondisi asam. Penambahan HCl untuk mengasamkan sampel, KI untuk membentuk kompleks iodin-arsen dan mereduksi  $As^{5+}$  menjadi  $As^{3+}$ ,  $SnCl_2$  sebagai agen reduksi kuat, serta serbuk seng untuk menghasilkan gas hidrogen yang mereduksi arsen menjadi arsina [11]. Gas arsina bereaksi dengan kertas sublimasi yang mengandung merkuri klorida, membentuk noda cokelat-oranye jika arsen terdeteksi [12]. Tidak ditemukan noda, mengindikasikan tidak adanya arsen atau berada di bawah batas deteksi.

Uji logam berat dilakukan melalui pengendapan sulfida dengan menambahkan asam asetat 5% untuk menciptakan kondisi asam ringan yang melarutkan ion logam, kemudian ditambahkan larutan  $H_2S$  jenuh sebagai sumber ion sulfida [13]. Logam seperti  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Hg^{2+}$  membentuk endapan sulfida berwarna yang dapat diamati. Tidak ditemukan endapan berwarna pada sampel ISP, menandakan tidak adanya logam berat atau berada di bawah batas deteksi [14].

Secara keseluruhan, uji kualitatif ini mengkonfirmasi bahwa tepung ISP bebas dari kadar berbahaya sianida, nitrit, arsen, dan logam berat. Ini penting untuk menjamin keamanan pangan dan kesehatan konsumen, terutama karena ISP banyak digunakan sebagai bahan baku industri makanan. Selain itu, tepung ISP dinyatakan aman untuk digunakan sebagai sampel pada uji *in vivo*.

### Uji Kadar Air

Tepung ISP menunjukkan kadar air yang rendah sebesar 8,235%, masih sesuai dengan batas maksimum SNI No. 7612:2011 (<10%) [15]. Kadar air yang rendah dihasilkan dari proses ekstraksi dan pengeringan (spray drying) dalam pembuatan isolat protein, yang dirancang untuk menghilangkan kelembaban secara maksimal. Kondisi ini menguntungkan karena memperpanjang umur simpan produk dengan menekan aktivitas mikroorganisme dan reaksi kimia perusak. Selain itu, rendahnya kadar air meningkatkan konsentrasi dan stabilitas protein, sekaligus menjaga kadar gula total tetap rendah

karena enzim pemecah karbohidrat menjadi tidak aktif selama pengeringan. Hal ini mendukung potensi tepung ISP sebagai pangan fungsional dalam pengendalian glukosa darah [16].

### Uji Kadar Protein

Penetapan kadar protein tepung ISP dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode Kjeldahl, yang mengukur nitrogen total sebagai dasar penghitungan protein. Proses ini terdiri dari tahap destruksi, destilasi, dan titrasi. Sampel dipanaskan dengan  $H_2SO_4$  dan katalis pada suhu tinggi ( $\pm 420^\circ C$ ) untuk mengubah nitrogen dalam protein menjadi ion amonium, yang kemudian didestilasi menjadi amonia ( $NH_3$ ) dan ditangkap dengan asam borat. Kandungan amonia ditentukan melalui titrasi dengan HCl, dan hasilnya dikonversi menjadi kadar protein [17]. Hasil analisis menunjukkan kadar protein ISP sebesar 74,53%, mencerminkan efisiensi proses isolasi serta kualitas protein kedelai sebagai bahan baku. Selain sebagai sumber protein nabati berkualitas, ISP juga berpotensi membantu pengaturan kadar gula darah melalui kandungan isoflavon dan peptida aktif [17].

### Uji Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat pada tepung ISP terdeteksi sangat rendah, yaitu 0,92%, mencerminkan keberhasilan proses isolasi protein dalam menghilangkan fraksi nonprotein seperti pati dan gula. Analisis dilakukan melalui hidrolisis asam menggunakan HCl 3% dan pemanasan refluks, diikuti metode Luff-Schoorl dan titrasi iodometri. Tidak terbentuknya endapan merah bata serta sedikitnya volume titran menegaskan rendahnya kandungan gula pereduksi dalam sampel. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar karbohidrat telah tereliminasi selama ekstraksi, sehingga tepung ISP cocok sebagai bahan pangan tinggi protein dan rendah karbohidrat, terutama untuk formulasi makanan fungsional bagi penderita diabetes.

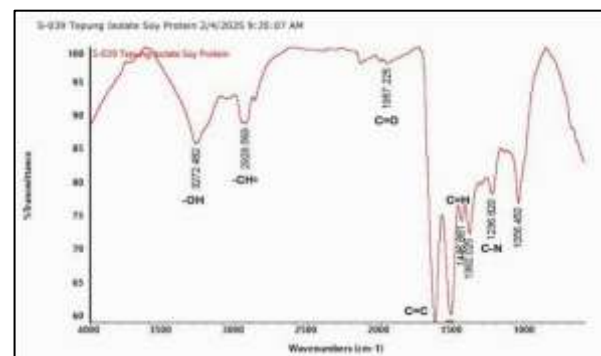
### Uji Kadar Gula Total

Pengujian gula total bertujuan mengidentifikasi gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang berpengaruh langsung terhadap kadar glukosa darah. Meskipun kadar karbohidrat total telah dianalisis, uji ini memberikan gambaran spesifik tentang potensi glikemik. Kadar gula total tepung ISP hanya

0,085%, memperkuat karakter ISP sebagai bahan rendah glikemik yang aman bagi penderita diabetes [18].

### Identifikasi Gugus Fungsi

Identifikasi senyawa isoflavon pada tepung ISP bertujuan untuk mengetahui keberadaan senyawa bioaktif yang terkandung dalam produk. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa proses pengolahan ISP tidak menghilangkan senyawa fungsional seperti daidzein dan genistein yang merupakan isoflavon utama pada kedelai, serta untuk menganalisis potensi fungsionalnya, terutama dalam kaitannya dengan aktivitas fisiologis seperti pengaturan kadar gula dalam darah.



Gambar 2. Spektrum FTIR tepung ISP.

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan serapan bilangan gelombang yang menandakan keberadaan gugus fungsi tertentu pada senyawa metabolit sekunder. Pada tepung ISP, diperoleh hasil analisis spektrum FTIR yang menunjukkan puncak lebar  $1/\lambda$   $3272,4\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi gugus -OH stretch yang terikat dalam ikatan hidrogen. Selain itu, puncak yang muncul pada  $1/\lambda$   $2929,5\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan keberadaan gugus ( $CH_3$ -). Puncak lainnya pada  $1/\lambda$   $1957,2\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karbonil ( $C=O$ ) dan puncak  $1/\lambda$   $1519,8\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus ( $C=C$ ) aromatik, yang umum ditemukan dalam struktur fenolik seperti isoflavon. Menurut penelitian Sulistyowati, dkk (2020) adanya gugus-gugus fungsi tersebut menjadi pertanda keberadaan senyawa aktif seperti daidzein dan genistein dalam sampel tepung ISP. Selain itu, puncak  $1/\lambda$   $1236,8\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan regangan CN, mendukung karakteristik protein pada sampel. Hal ini memperkuat bahwa proses isolasi pada tepung ISP tidak menghilangkan komponen bioaktif utama dari kedelai [19].

### Hasil Uji In Vivo Tepung ISP

Potensi tepung isolat protein kedelai (ISP) sebagai agen penurun glukosa darah dievaluasi melalui pengukuran kadar glukosa darah pada hewan uji dengan perlakuan berbeda. Hewan uji dikelompokkan secara sistematis untuk membandingkan efek masing-masing perlakuan. Penelitian ini menggunakan mencit jantan Swiss Webster, karena strain ini dikenal responsif terhadap intervensi antidiabetes, serta mempermudah evaluasi efek terapeutik dan toksisitas [20]. Mencit jantan dipilih karena memiliki profil hormonal yang lebih stabil dibanding betina, yang mengalami siklus estrus. Hormon seperti estrogen dan progesteron pada betina dapat mempengaruhi respons metabolik. Selain itu, mencit jantan memiliki metabolisme obat yang lebih cepat akibat kadar testosteron yang lebih tinggi, yang meningkatkan aktivitas enzim metabolik, khususnya dari keluarga sitokrom [21].

Efektivitas ISP diuji pada 24 mencit yang dibagi dalam enam kelompok perlakuan. Jumlah mencit per kelompok ditentukan berdasarkan rumus Federer [22]. Kelompok perlakuan terdiri dari kontrol negatif (NC), kontrol positif (PC), kontrol glibenklamid (F0), serta tiga kelompok perlakuan ISP dengan konsentrasi 1,5 mg/mL (F1), 1,8 mg/mL (F2), dan 2,3 mg/mL (F3). Perlakuan diberikan selama 14 hari setelah diabetes berhasil diinduksi.

Kelompok kontrol negatif digunakan untuk menentukan kadar glukosa normal tanpa perlakuan, sebagai referensi perubahan akibat intervensi. Kelompok kontrol positif menerima aloksan, senyawa yang secara selektif merusak sel  $\beta$  pankreas dan menyebabkan hiperglikemia, meniru kondisi diabetes tipe 1 pada manusia [23]. Kelompok glibenklamid menerima obat antidiabetes standar sebagai pembanding efektivitas ISP [24].

Respons mencit diamati menggunakan metode *Point of Care Testing* (POCT) berbasis amperometri, di mana glukosa darah diubah menjadi asam glukonat dan  $H_2O_2$  oleh enzim glukosa oksidase.  $H_2O_2$  menghasilkan arus listrik di permukaan elektroda, dan besar arus sebanding dengan kadar glukosa [25].

Berdasarkan **Tabel 2**, dosis ISP paling efektif adalah 1,5 mg/mL (F1), diikuti glibenklamid (F0), ISP 2,3 mg/mL (F3), dan ISP 1,8 mg/mL (F2). Dosis ISP disesuaikan dari penelitian sebelumnya yang menunjukkan efektivitas 18,05 mg/kg berat badan terhadap penurunan glukosa ( $p = 0,00$ ). Karena ISP

memiliki kandungan protein lebih tinggi dibanding tepung kedelai biasa, dosis dalam penelitian ini dipilih pada kisaran menengah untuk menjaga keamanan.

**Tabel 2.** Persentase penurunan kadar gula darah pada mencit yang di induksi aloksan.

Perlakuan	Rata-rata kadar glukosa darah (%)	Selisih terhadap K (+) %
K (-)	123,75 $\pm$ 7,822 <sup>ab</sup>	73,21
K (+)	462,00 $\pm$ 15,346 <sup>C</sup>	-
F0	110,25 $\pm$ 33,685 <sup>b</sup>	76,14
F1	99,75 $\pm$ 10,329 <sup>a</sup>	78,41
F2	150,00 $\pm$ 23,548 <sup>b</sup>	67,53
F3	130,75 $\pm$ 24,396 <sup>ab</sup>	71,70

Kelompok kontrol negatif tidak menunjukkan perubahan signifikan kadar glukosa, mengindikasikan kondisi pankreas dan sekresi insulin yang normal. Sebaliknya, kelompok kontrol positif (K+) mengalami kenaikan kadar glukosa yang signifikan (104,25 mg/dL) akibat induksi aloksan yang merusak sel  $\beta$  melalui transporter GLUT-2, menurunkan ATP dan sekresi insulin, serta menghasilkan ROS yang memperparah kerusakan [26].

Kelompok glibenklamid (F0) menunjukkan penurunan kadar glukosa sebesar 169,25 mg/dL [27]. Glibenklamid bekerja dengan menutup kanal  $K^+$  sensitif ATP, memicu influx  $Ca^{2+}$  dan eksositosis insulin. Namun, penggunaan jangka panjang dapat menyebabkan hipoglikemia dan kelelahan sel  $\beta$ , sehingga diperlukan alternatif yang lebih aman [24].

Kelompok ISP F1, F2, dan F3 menunjukkan penurunan glukosa berturut-turut sebesar 182,25 mg/dL, 177,75 mg/dL, dan 134,0 mg/dL. Efek hipoglikemik ini disebabkan oleh isoflavon seperti daidzein dan genistein yang meningkatkan sensitivitas insulin dan penyerapan glukosa. Efek optimal terjadi pada dosis 1,5 mg/mL, kemungkinan melalui stimulasi jalur pengambilan glukosa bergantung insulin. Efektivitas menurun pada dosis lebih tinggi diduga karena kandungan protein tinggi (74,53%) yang memicu glukoneogenesis [28].

Persentase penurunan kadar glukosa menunjukkan bahwa ISP 1,5 mg/mL memberikan hasil terbaik (78,41%), melampaui glibenklamid (76,14%), ISP 1,8 mg/mL (67,53%), dan ISP 2,3 mg/mL (71,70%). Efektivitas tinggi ISP dikaitkan dengan komposisinya: protein tinggi (74,53%),

karbohidrat rendah (0,92%), dan gula total sangat rendah (0,085%). Protein dalam jumlah sedang membantu sintesis insulin, namun dalam kadar tinggi dapat merangsang glukoneogenesis [29]. Dosis 1,5 mg/mL memberikan keseimbangan yang ideal dalam regulasi glukosa. Senyawa aktif dalam ISP bekerja sinergis [30], di antaranya isoflavon sebagai antioksidan yang mendorong regenerasi sel  $\beta$ , meningkatkan sekresi insulin, sensitivitas reseptor insulin, ekspresi GLUT-4, serta aktivasi AMPK. Isoflavon juga menghambat  $\alpha$ -glukosidase, sehingga menurunkan lonjakan glukosa postprandial [31].

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, tepung isolated soy protein (ISP) terbukti aman dikonsumsi karena tidak mengandung senyawa berbahaya seperti sianida, nitrit, arsen, dan logam berat lainnya. Analisis proksimat menunjukkan kandungan air rendah (8,235%) yang mendukung daya simpan, protein sangat tinggi (74,53%) sebagai sumber protein utama, serta karbohidrat (0,92%) dan gula total (0,085%) yang sangat rendah, mendukung penggunaannya untuk mengontrol kadar gula darah. Spektrum FTIR mengidentifikasi gugus fungsi khas isoflavon seperti -OH, -CH<sub>3</sub>, C=O, dan C=C aromatik. Uji in vivo pada mencit diabetes menunjukkan bahwa seluruh dosis tepung ISP efektif menurunkan kadar gula darah, dengan dosis 1,5 mg/mL memberikan penurunan tertinggi (78,41%), bahkan melebihi glibenklamid (76,14%). Namun, untuk penggunaan harian, diperlukan formulasi dan pengujian lanjutan guna memastikan keamanan dan efektivitas pada pasien diabetes.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Barat atas fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan analisis proksimat dan uji cemaran logam, serta kepada Laboratorium Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Padjadjaran atas bantuan dan kerja samanya dalam pelaksanaan uji in vivo. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Assyifa Junitasari, S.Pd., M.Si. dan Ibu Risda Arba Ulfa, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penelitian, serta kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

## REFERENSI

- [1] D. Selvia dan A. Wahyuni, "Hubungan Pola Makan dan Obesitas Dengan Kejadian Diabetes Melitus," *J. Kesehatan. Sainika Meditory*, vol. 4, no. 4657, pp. 78–84, 2022.
- [2] S. C. E. Setiawan, A. Yuliantara, dan P. D. B. Murti, "Pangan fungsional dari bahan pangan tradisional: tinjauan pustaka," *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 18, no. 3, pp. 552–560, 2024.
- [3] F. Illaninytas, S. Istini, S. P. W, I. Sukarti, dan F. Utami, "Pengaruh Suplementasi Isolat Protein Sorghum Terhadap Sifat Kimia, Biologis Dan Organoleptik Biskuit Sorghum," *J. Agroteknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 37–51, 2014.
- [4] R. M. Yoshari, M. Astawan, E. Prangdimurti, dan T. Wresdiyati, "The production process of tempe protein isolate from germinated soybeans and its potential as an antidiabetic," *Food Res.*, vol. 7, pp. 71–79, 2023.
- [5] E. Yanti dan P. Dafriani, "The Effect of Soybean Power on Blood Sugar and Cholesterol Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients in the Work Area of the Puskesmas Andalas Padang," *Proc. 2 nd Syedza Sainika Int. Conf. Nursing, Midwifery, Med. Lab. Technol. Public Heal. Heal. Inf. Manag. (SeSICNiMPH 2021)*, vol. 39, no. SeSICNiMPH, pp. 340–344, 2021.
- [6] A. Babajide Rowaiye, "Bioactive molecules from soybeans (*Glycine max*) with antitype 2 diabetes activity: a systematic review," *Acad. Biol.*, pp. 1–21, 2024.
- [7] B. Pratama, D. S. Widodo, and G. Gunawan, "Pengaruh pH pada Penurunan Kadar Ion Sianida secara Elektrokimia dengan Elektroda PbO<sub>2</sub>/Grafit," *J. Kimia Sains dan Apl.*, vol. 15, no. 3, pp. 84–87, 2012.
- [8] A. E. Febriani, N. Kurnyawaty, dan D. Firman, "Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Berdasarkan Pengaruh Ukuran Partikel Sebagai Indikator Asam Basa pada Proses Titrasi," *Pemanfaat. Ekstrak Kulit ...)* *J. Teknik*

- Kimia. VOKASIONAL* , vol. 2, no. 2, pp. 44–49, 2022.
- [9] S. Samsuar dan A. Rokiban, “Analisis Kadar Nitrit Pada Sosis Sapi Kemasan Yang Beredar Di Pasar Tradisional Kota Bandar Lampung Secara Spektrofotometri UvVis,” *JFL Jurnal Farmasi. Lampung* , vol. 9, no. 1, pp. 44–55, 2021.
- [10] E. Emawati dan M. Krismonika, “Penetapan Kadar Nitrit (No<sub>2</sub>-) Pada Bawang Merah (*Allium Cepa L.*) Menggunakan Metode Spektrofotometri Sinar Tampak Determination Of Nitrite (No<sub>2</sub>-) On Onion (*Allium Cepa L.*) Using Spectrophotometry Visible Method,” *Indonesia. Nat. Res. Pharm. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [11] B. Cahyady, M. Taufik dan S. Suharman, “Analisis Kadar Arsen (As) pada Sayur Kubis Hijau (*Brassica oleracea L.*) Pasca Erupsi Gunung Sinabung,” *Alchemy* , vol. 9, no. 1, pp. 32–36, 2021.
- [12] D. Muhammad, “Pengaruh Medium Reaksi HCl Pada Analisis Spesiasi Arsenite (H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub>) dan Arsenate (H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>) dengan Metoda HG-AAS,” *J. Ind. SOc. Integ. Chem* vol. 1, 2009.
- [13] H. Prokkola, E. T. Nurmesniemi, dan U. Lassi, “Removal of metals by sulphide precipitation using Na<sub>2</sub>S and HS<sup>-</sup> solution,” *ChemEngineering*, vol. 4, no. 3, pp. 1–10 2020
- [14] M. Basset, J., Denney R.C. dan Jeffery, G.H., *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis*, 4th ed. London: Longman, 1981.
- [15] N. S. Sebayang, A. V. Yani, F. Yunita, R. Minarni, P. Amelia, dan D. Saputra, “Pengolahan pangan dengan cara pengeringan,” vol. 12, no. 1, pp. 103–109 2024.
- [16] Normilawati, Fadlilaturrahmah, S. Hadi, dan Normaidah, “Penetapan Kadar Air Dan Kadar Protein Pada Biskuit Yang Beredar Di Pasar Banjarbaru,” *CERATA J. Ilmu Farmasi.*, vol. 10, no. 2, pp. 51–55, 2019.
- [17] E. Lisanti, R. Puspitaningrum, N. E. Tresnawati, dan Arwin, “Inovasi Aneka Pangan Bergizi Tinggi Dari Bahan Kedelai Iradiasi Gamasugen Untuk Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Rawamangun Jakarta Timur,” *Sarwahita* , vol. 18, no. 01, pp. 84–92, 2021.
- [18] N. H. dan R. Retno Muji Rahayu, Warkoyo, “Efektivitas Pemakaian Mesin Magic Sugar Cane Terhadap Penurunan Kualitas Nira pada Sistem Tebang Angkut,” *J. Ilmu.Teknologi Pertanian.*, vol. 7, p. 75, 2022.
- [19] E. Sulistyowati, S. Martono, S. Riyanto, E. Lukitaningsih, dan A. Rohman, “Rapid quantitative analysis of daidzein and genistein in soybeans (*Glycine max ( L. Merr.)*) using FTIR spectroscopy and multivariate calibration,” *J. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 10, no. 11, pp. 117–123, 2020.
- [20] P. A. Christian, R., Hilton. J., Willian Morton., Robert J., dan John VandeBerg., *Microbial and Phenotypic Definition of Rats and Mice: Proceedings of the 1998 US/Japan Conference*, vol. 40, no. 4 Washington, 1999.
- [21] Erjon, Putri Widya Ningsih, dan Yopi Rikmasari, “Efek Sedatif Ekstrak Etanol Umbi Wortel (*Daucus carota L.*),” 2017 , no. 2, pp. 17–26, 2017.
- [22] E. Nidianti, D. D. Wulandari, dan C. N. Azizah, “Efek Pemberian Ekstrak Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*) Terhadap Kadar Gula Darah pada Mencit (*Mus musculus L.*),” *Borneo J. Pharmascientech*, vol. 7, no. 1, pp. 6–11, 2023.
- [23] M. Ighodaro dan A. Mohammed, “Diabetes yang diinduksi aloksan , model umum untuk mengevaluasi potensi kontrol glikemik dari senyawa terapeutik dan ekstrak tumbuhan dalam studi eksperimental,” vol. 3, pp. 1–10 , 2018.
- [24] D. S. Imas Nurul Siti Kulsum, Shendi Suryana, “Review: Molecularly Imprinted Polymer Solid Phase Extraction (MIPSPE) untuk Pengujian Glibenklamid dalam Cairan Biologis,” *J. Sains dan Kesehatan* , vol. 4, p. 206, 2022.
- [25] E. Endiyasa, P. Ariami, dan U. Urip, “Perbedaan Kadar Glukosa Darah Metode Poin of Care Test (Poct) Dengan Photometer Pada Sampel Serum Di Wilayah Kerja Puskesmas Jereweh,” *J. Anal. Med. Biosains*, vol. 5, no. 1, p. 40, 2019.

- [26] Rifo E. Mongi, Herny E. I. Simbala, dan Edwin de Que Ijoe, "Uji Aktivitas Penurunan Kadar Gula Darah Ekstrak Etanol Daun Pinang Yaki (*Areca Vestitaria*) Terhadap Tikus Putih Jantan Galur Wistar (*Rattus Norvegicus*) Yang Diinduksi Aloksan," *Pharmacon*, vol. 8, pp. 449–456, 2019.
- [27] H. Hasim, D. N. Faridah, M. Safithri, H. Husnawati, A. Setiyono, dan H. A. Manshur, "Aktivitas Penurunan Kadar Glukosa pada Tikus yang Diinduksi Aloksan dari Ekstrak Air Angkak, Bekatul, dan Kombinasinya," *War. Ind. Has. Pertanian.* , vol. 37, no. 2, p. 172, 2020.
- [28] TihFen, U. S. Sugeng, dan S. J. Pradipta, "Pengaruh Tepung Tempe Kedelai (*Glycine max L.Merril*) terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit Swiss Webster Jantan Dewasa yang Diinduksi Glukosa," *Fak. Kedokt. Univ. Kristen Maranatha*, pp. 1–7, 2015.
- [29] L. Triana dan M. Salim, "Perbedaan Kadar Glukosa Darah 2 Jam Post Prandial," *J. Lab. Khatulistiwa*, vol. 1, no. 1, p. 51, 2017
- [30] Lehninger, *Dasa-Dasar Biokimia Jilid 2 (Thenawidjaja)*, 2nd ed. Jakarta: Erlangga, 1982.
- [31] N. F. Zakaria, M. Hamid, dan M. E. Khayat, "Amino acidinduced impairment of insulin signaling and involvement of gprotein coupling receptor," *Nutrients* , vol. 13, no. 7, pp. 1–18, 2021.