

POTENSI ANTIDIABETIK TEPUNG TERUNG UNGU (*SOLANUM MELONGENA L.*) PADA TIKUS HIPERGLIKEMIA

Hasmar Fajriana 

Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Mamuju

ARTICLE INFO

Article history

Submitted : 2022-04-15

Revised : 2022-06-12

Accepted : 2022-08-15

Keywords:

Hyperglycemia;
Purple eggplant;
FGB;
Body weight;
Nicotinamide

Kata Kunci:

Hiperглиkemia;
Terung ungu;
GDP;
Berat badan;
Nicotinamide

This is an open access
article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
license:



ABSTRACT

Diabetes Mellitus (DM) is a group of metabolic diseases characterized and identified with hyperglycemia due to impaired insulin secretion, insulin action, or both, and the presence of impaired metabolism of carbohydrates, fats, and proteins. IDF data shows the prevalence is increasing from year to year, namely 9.3% (2020) and 10.5% (2021). Treatment of DM was needed a combination of pharmacological and non-pharmacological treatment by utilizing local foods in the diet. Purple eggplant (*Solanum melongena L.*) is one of the potential plants in Indonesia that is very rich in antioxidants and believed to decrease fasting blood glucose (FBG) levels. The study aimed to determine the effect of purple eggplant flour (TTU) on the weight and fasting blood glucose levels of hyperglycemia rats. This true experimental study design used a pre-post test with a control group design. Thirty-six male Sprague Dawley rats were divided randomly into five groups: KN group (7 rats), KD (8 rats), P1 (7 rats), P2 (7 rats), and P3 (7 rats). The rats used were 10-12 weeks, weighing 207.25±26.76 grams. The hyperglycemia rat model was made by induced NA (230 mg/kg body weight)-STZ (65 mg/kg body weight) intraperitoneally. Intervention in the form of TTU modified feed (standard feed is substituted with TTU according to the dose) was given for 28 days with dose variations of 2.36 grams, 4.71 grams, and 7.07 grams. Body weight and FBG level were measured before and after the intervention. Data were analyzed statistically using One Way Anova test, Bonferroni test, and uji paired t-test. The body weight of DM rats was significantly lower, and FBG levels were significantly higher than normal rats (KN). Orally administration of TTU for 28 days significantly increased body weight (6.59%-19.54%) and reduced levels of FBG (33.04-54.61%). The changes in FBG levels were in line with the increasing doses of intervention. Purple eggplant flour was able to maintain body weight and reduce the levels of FGB hyperglycemia in rats induced by NA-STZ.

ABSTRAK

Diabetes Mellitus (DM) merupakan kelompok penyakit metabolik yang ditandai dan diidentifikasi dengan hiperglikemia akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya, dan adanya gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein. Data IDF menunjukkan prevalensinya meningkat dari tahun ke tahun, yaitu 9,3% (2020) dan 10,5% (2021). Penanganan DM diperlukan kombinasi antara terapi farmakologis dan non-farmakologis melalui pemanfaatan pangan local dalam diet. Terung ungu (*Solanum melongena L.*) merupakan salah satu tanaman potensial di Indonesia yang sangat kaya antioksidan dan dipercaya dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa (GDP). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tepung terung ungu (TTU) terhadap berat badan dan kadar glukosa darah puasa tikus hiperglikemia. Penelitian eksperimen murni ini menggunakan desain *pre-post test with control group design*. Sebanyak 36 ekor tikus jantan *Sprague Dawley* dibagi ke dalam 5 kelompok secara acak, yaitu kelompok KN (7 ekor), KD (8 ekor), P1 (7 ekor), P2 (7 ekor) dan P3 (7 ekor). Tikus yang digunakan berumur 10-12 minggu, berbobot 207,25±26,76 gram. Model tikus hiperglikemia dibuat dengan induksi NA (230 mg/kg berat badan) -STZ (65 mg/kg berat badan) secara intraperitoneal. Intervensi berupa pakan modifikasi TTU (pakan standar disubstitusikan dengan TTU sesuai dengan dosis) diberikan selama 28 hari dengan variasi dosis 2,36 gram, 4,71 gram, dan 7,07 gram. Pengukuran berat badan dan kadar GDP dilakukan sebelum dan setelah intervensi. Analisis data secara statistik menggunakan uji One Way Anova, uji Bonferroni, dan uji paired t-test. Berat badan tikus DM secara bermakna lebih rendah dan kadar GDP lebih tinggi dibandingkan tikus normal (KN). Pemberian TTU selama 28 hari secara bermakna dapat meningkatkan berat badan (6,59%-19,54%) dan menurunkan kadar GDP (33,04-54,61%). Perubahan kadar GDP seiring dengan peningkatan dosis intervensi. Tepung terung ungu mampu mempertahankan berat badan dan menurunkan kadar GDP tikus hiperglikemia akibat induksi NA-STZ.

✉ Corresponding Author:

Hasmar Fajriana
Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Mamuju
Telp. 085255606126
Email: hasmarfajriana@poltekkesmamuju.ac.id

PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus (DM) merupakan kelompok penyakit metabolik yang ditandai dan diidentifikasi dengan hiperglikemia akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya, dan adanya gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein (World Health Organization, 2019). *Internasional Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2020 melaporkan bahwa sekitar 463 juta (9,3%) penduduk dunia umur 20 – 79 menderita DM, tahun 2021 sekitar 537 juta (10,5%) dan diprediksi meningkat menjadi 643 juta pada tahun 2023 dan 783 juta pada tahun 2045. Indonesia merupakan salah satu negara dengan kasus DM tertinggi, yaitu menempati urutan kelima tertinggi di dunia (International Diabetes Federation, 2021). Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) tahun 2018 menunjukkan bahwa prevalensi DM pada penduduk umur ≥ 15 tahun di Indonesia berdasarkan diagnosis dokter sebesar 2%. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan dengan prevalensi DM pada penduduk ≥ 15 tahun pada hasil Riskesmas tahun 2013 sebesar 1,5% (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kemenkes RI, 2018).

Diabetes mellitus tipe 2 merupakan penyakit metabolik yang terjadi karena resistensi insulin. Resistensi insulin berkaitan dengan penurunan stimulasi transport glukosa pada jaringan otot dan adiposa, gangguan sinyal insulin, serta gangguan intrinsik pada sistem transportasi glukosa. Ketika sinyal insulin terganggu, maka terjadi gangguan transportasi glukosa ke dalam sel yang diakibatkan oleh gagalnya translokasi transporter GLUT-4 ke membran plasma (DeFronzo RA, Ferrannini E, Zimmet P, 2015). Kondisi ini akan menyebabkan penurunan penggunaan glukosa pada jaringan perifer sehingga akan mengakibatkan peningkatan kadar glukosa darah atau hiperglikemia (Banday et al., 2020).

Terung ungu (*Solanum melongena L.*) merupakan salah satu tanaman umum yang dapat tumbuh di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Terung merupakan sumber serat, mineral (zat besi, kalsium, kalium, magnesium, natrium, seng, dan fosfor), vitamin (vitamin C, thiamin, niasin, B6, B12, A, E, D, dan K), serta antioksidan. Terung telah digunakan dalam pengobatan beberapa penyakit, termasuk diabetes mellitus (Ayudia & Miftahurrahmah, 2022; Danthy et al., 2019; Yarmohammadi et al., 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa ekstrak etanol kulit terung ungu dan jus terung pirus memiliki efek menurunkan kadar glukosa darah tikus hiperglikemia (Ayudia & Miftahurrahmah, 2022; Danthy et al., 2019).

Terung ungu merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki sifat mudah rusak apabila tidak ditangani secara tepat dan benar. Olehnya itu perlu pengelolaan yang tepat untuk mempertahankan kesegaran dan meningkatkan daya simpan, salah satunya melalui pembuatan tepung. Manfaat lain dari penepungan suatu bahan adalah mudah dibentuk dan dibuat komposit, dapat difortifikasi dengan zat gizi (Firmanto & Sutisna, 2010; Widowati, 2009).

Pengaruh pemberian TTU terhadap kadar glukosa darah (GDP) dapat diketahui melalui percobaan secara *in vivo* pada model hewan coba sehingga dapat memberikan gambaran manfaatnya berkaitan dengan penurunan kadar GDP. Nicotinamide (NA) dan streptozotocin (STZ) merupakan u bahan kimia yang digunakan sebagai pemicu terjadinya hiperglikemia pada hewan coba yang keadaannya menyerupai DM tipe 2 pada manusia (Szkudelski, 2012). Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh TTU terhadap perubahan berat badan dan kadar GDP tikus hiperglikemia akibat induksi NA-STZ.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni dengan rancangan *pre-post test with control group design*.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pembuatan TTU dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pusat Studi Pangan dan Gizi (PSPG) Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada (UGM), sedangkan pengamatan pakan, pemeliharaan, penimbangan berat badan, dan pemeriksaan sampel kadar glukosa darah plasma tikus jantan galur Sprague Dawley dilakukan di Laboratorium Gizi PSPG PAU UGM. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari – Juli 2016.

Subjek Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah hewan coba tikus jantan galur Sprague Dawley berumur 10-12 minggu dan memiliki berat badan 170 – 250 gram. Adapun kriteria inklusi yaitu tikus mati saat penelitian berlangsung. Jumlah subjek ditentukan berdasarkan rumus (Dell et al., 2002) yaitu tiap kelompok terdiri dari 6 ekor tikus, namun untuk mengantisipasi adanya *drop out*, maka dilakukan penambahan sebanyak 2 ekor untuk kelompok kontrol DM dan masing-masing 1 ekor untuk kelompok lainnya sehingga jumlah tikus yang digunakan sebanyak 36 ekor.

Tikus SD dimasukkan ke dalam kandang individu yang terbuat dari plastik dengan ukuran 26 cm x 15 cm x 17 cm, disertai anyaman kawat sebagai penutup dan di bagian dalam terdapat kawat penyaring feces disertai tempat pakan. Kandang diletakkan dalam ruangan khusus dengan suhu ruang berkisar antara 20 – 25°C, kelembapan relatif 70 – 80%, pencahayaan dan ventilasi yang cukup. Masa adaptasi dilakukan selama 4 hari dan diberi pakan standar AIN-93M sebanyak 15 gram dan air minum secara *ad libitum*. Selanjutnya, tikus dikelompokkan secara acak ke dalam lima kelompok, yaitu kelompok kontrol normal (KN), kontrol DM (KD), kelompok intervensi TTU 2,36 g (P1), kelompok intervensi TTU 4,71 g (P2), dan kelompok intervensi TTU 7,07 g (P3). Semua tikus kemudian ditimbang untuk memperoleh berat badan awal



Gambar 1. Kondisi Pemeliharaan Hewan Coba

Induksi Diabetes Mellitus dengan *Nicotinamide* (NA) dan *Streptozotocin* (STZ)

Tikus yang dikondisikan hiperglikemia (diinduksi dengan NA dan STZ) adalah kelompok KD, P1, P2, dan P3. Sebelum diinduksi tikus terlebih dahulu dipuasakan selama ± 12 jam. Induksi NA dan STZ dilakukan dengan injeksi intraperitoneal. Sebelum diinjeksi, 230 mg/kg BB NA dilarutkan dalam larutan saline. Setelah 15 menit injeksi NA, kemudian dilanjutkan dengan injeksi STZ dengan dosis 65 mg/kg BB yang dilarutkan dalam buffer sodium sitrat 1 M dengan pH 4,5. Setelah induksi, tikus akan dikondisikan selama 5 hari dan diberi pakan standar AIN-93M sebanyak 15 gram dan air minum secara *ad libitum*. Pengukuran glukosa darah dilakukan setelah 5 hari pascainduksi (sebelum intervensi). Kriteria tikus DM adalah kadar glukosa darah >150 mg/dL (Szkudelski, 2012).

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah tepung terung ungu (TTU) dari terung ungu varietas “Mustang” yang berasal dari petani di Prambanan Klaten, Dukuh Kebondalem Lor. Bahan lain yang digunakan adalah pakan standar AIN-93M mengacu pada formula *American Institute of Nutrition* 1993, *streptozotocin*, *nicotinamide*, kit reagen GOD-PAP dari Diasys (untuk pemeriksaan kadar GDP), ketamin, dan aquades.

Tepung terung ungu diberikan kepada tikus dengan cara dicampurkan pada pakan standar AIN-93M dengan mensubstitusi pati jagung dengan TTU. Dosis yang diberikan didasarkan pada kebutuhan serat minimal untuk penderita DM (25 gram/hari) karena kandungan serat TTU lebih tinggi (21,23 gram/100 gram). Kebutuhan serat minimal penderita DM kemudian dikonversi menjadi kebutuhan serat tikus dengan faktor konvensi 0,018 sehingga diperoleh dosis TTU untuk kelompok P1 sebanyak 2,36 gram, P2 sebanyak 4,71 gram, dan P3 sebanyak 7,07 gram.

Masing-masing kelompok diberi pakan yang berbeda secara lengkap tercantum pada Tabel 1, yaitu kelompok kontrol (KN dan KD) diberi pakan standar AIN-93M (Reeves et al., 1993) dan kelompok intervensi (P1, P2, dan P3) diberikan pakan modifikasi AIN-93M dan TTU dengan dosis yang bervariasi yaitu 2,36 gram (P1), 4,71 gram (P2), dan 7,07 gram (P3). Pakan diberikan sebanyak 20 gram/hari dan air minum secara *ad libitum* selama 28 hari.

Tabel 1. Komposisi Pakan Standar dan Intervensi

Komponen	Komposisi (gram/kg diet)			
	AIN-93M*	Pakan P1**	Pakan P2**	Pakan P3**
Pati jagung	620,692	554,129	487,565	396,002
Kasein	140	124,304	108,607	92,911
Sukrosa	100	100	100	100
Minyak kedelai	40	38,486	36,973	35,459
Serat	50	25	0	0
Campuran mineral	35	25,977	16,954	7,930
Campuran vitamin	10	10	10	10
L-sistin	1,8	1,8	1,8	1,8
Kolin Bitartat	2,5	2,5	2,5	2,5
TBHQ	0,008	0,008	0,008	0,008
TTU	-	117,797	235,593	353,390
Total (g)	1000	1000	1000	1000

*Sumber: (Reeves et al., 1993)

**Sumber: (Fajriana et al., 2017)

TBHQ = Tert-butylhidroquinon

TTU = Tepung Terung Ungu

Pengumpulan Data

Pengambilan sampel darah dilakukan sebanyak 2 kali pada semua kelompok melalui sinus orbita (reorbital plexus) dengan menggunakan tabung mikrohematokrit, yaitu sebelum intervensi (minggu ke-0) dan setelah intervensi (minggu ke-4). Sampel darah yang keluar ditampung dalam tabung eppendorf 0,5 mL untuk memperoleh serum (tanpa antikoagulan). Pengukuran berat badan juga dilakukan pada semua kelompok sebanyak 3 kali, yaitu kondisi awal sebelum tikus dikondisikan hiperglikemia, sebelum intervensi yaitu 5 hari setelah induksi NA-STZ (minggu ke-0) dan setelah intervensi (minggu ke-4).

Pengolahan dan Analisis Data

Analisis kadar GDP serum dengan menggunakan metode GOD-PAP. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan one way Anova untuk mengetahui adanya perbedaan antarkelompok intervensi dengan tingkat kepercayaan 95%. Jika hasil analisis signifikan maka dilanjutkan dengan uji *post hoc* menggunakan uji Bonferroni untuk mengetahui di mana letak signifikansi tersebut. Untuk mengetahui perbedaan perubahan kadar GDP sebelum dan setelah intervensi maka dilakukan analisis menggunakan *paired t-test*. Analisis statistik tersebut menggunakan program STATA 12 dengan tingkat signifikansi 0,05 ($p < 0,05$). Penelitian ini telah disetujui dan mendapatkan perizinan dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran UGM pada tanggal 17 Juni 2016 dengan nomor surat KE/FK/650/EC/2016.

HASIL PENELITIAN

Berat Badan

Berat badan tikus setelah induksi NA-STZ mengalami penurunan. Berat badan tikus DM lebih rendah dibandingkan tikus kontrol normal (KN). Hasil uji Anova menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rerata berat badan tikus sebelum induksi NA-STZ, namun setelah induksi NA-STZ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara bermakna rerata berat badan. Pemberian TTU selama 28 hari pada tikus DM dapat meningkatkan berat badan secara bermakna (11,67 gram untuk P1, 36 gram untuk P2, dan 32,82 gram untuk P3) dibandingkan dengan tikus kontrol DM, peningkatan berat badan pada kelompok P2 dan P3 mendekati tikus normal.

Tabel 2. Rerata Berat Badan Tikus pada Kondisi Awal, Sebelum, dan Setelah Intervensi

Kelompok	Berat Badan (gram)		
	Kondisi Awal	Minggu Ke-0	Minggu ke-4
KN (n=6)	220,83±23,68 ^a	240,17±23,09 ^a	246,50±40,23 ^a
KD (n=5)	196,20±5,89 ^a	179,80±7,85 ^b	151,60±15,26 ^b
P1 (n=6)	191,33±16,63 ^a	177,00±11,66 ^b	188,67±31,93 ^{b,c}
P2 (n=5)	204,20±25,23 ^a	184,20±25,61 ^b	220,20±44,76 ^{a,c}
P3 (n=6)	221,33±39,97 ^a	200,00±26,28 ^b	232,83±16,49 ^{a,c}
p ¹	0,1775	<0,0001	0,0004

Hasil disajikan dalam Mean±SD

¹ Hasil analisis *one way* Anova antarkelompok dalam kolom yang sama

a,b, dan c Notasi berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna p<0,05

Kadar Glukosa Darah Puasa

Kadar GDP tikus DM akibat induksi NA-STZ lebih tinggi (216,97±5,14 mg/dL) dibandingkan dengan tikus normal (KN). Kadar GDP minggu ke-4 setelah intervensi memiliki perbedaan yang bermakna antarkelompok intervensi (p<0,001) seperti tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata Kadar Glukosa Darah Puasa (GDP)

Kelompok	Kadar Glukosa Darah Puasa (mg/dL)		p ²
	Minggu ke-0	Minggu ke-4	
KN (n=6)	66,90±1,63 ^a	67,61±1,79 ^a	0,9960
KD (n=5)	220,47±5,24 ^b	221,72±5,25 ^b	0,9996
P1 (n=6)	218,93±4,41 ^{b,c}	146,59±4,38 ^c	<0,001
P2 (n=5)	216,17±4,26 ^{b,c}	119,39±3,91 ^d	<0,001
P3 (n=6)	212,78±4,03 ^c	96,59±3,88 ^e	<0,001
p ¹	<0,001	<0,001	

Hasil disajikan dalam Mean±SD

¹ Hasil analisis *one way* Anova antarkelompok dalam kolom yang sama

² Hasil analisis *paired t-test* antara waktu pengamatan

a,b,c,d, dan e Notasi berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna

Perubahan rerata kadar GDP setelah pemberian intervensi selama 28 hari menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antarkelompok intervensi (p<0,001) seperti tersaji pada Gambar 1. Kadar GDP tikus kelompok kontrol (KN dan KD) mengalami peningkatan, sedangkan kelompok pemberian TTU (P1, P2, dan P3) mengalami penurunan. Kelompok P3 memiliki aktivitas yang kuat dalam menurunkan kadar GDP tikus dengan penurunan kadar GDP tertinggi dibanding kelompok lainnya, yaitu sebesar 54,61%.

PEMBAHASAN

Berat Badan

Keluhan klasik yang dapat ditemukan pada DM adalah pengeluaran urin secara berlebihan (poliuria), minum air secara berlebihan (polidipsia), makan secara berlebihan (polifagia), dan penurunan

berat badan yang tidak dapat dijelaskan sebabnya (PERKENI, 2021). Penelitian ini menunjukkan hasil yang sama, yaitu tikus DM akibat induksi mengalami penurunan berat badan.

Penurunan berat badan disebabkan oleh penurunan sekresi insulin maupun adanya gangguan kerja insulin (resistensi insulin). Resistensi insulin mengakibatkan glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel. Oleh karena tubuh memerlukan energi, maka terjadi pemecahan lemak menjadi energi (lipolisis). Bila energi tidak mencukupi kebutuhan sel, maka akan terjadi pemecahan protein otot. Protein struktural diketahui memiliki kontribusi terhadap berat badan, kehilangan dan degradasi protein struktural mencerminkan penurunan berat badan (Henry & Thondre, 2011). Adanya gangguan metabolisme glukosa dan protein oleh tubuh akan menyebabkan berkurangnya berat badan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya gejala polifagia, yaitu makan secara berlebihan (McPhee & Ganong, 2015).

Penurunan berat badan dapat pula terjadi akibat dehidrasi dan hilangnya kalori melalui urin. Kekurangan insulin menyebabkan hiperglikemia, dan ketika kadar glukosa melebihi batas glukosa ginjal, maka glukosa akan diekskresikan melalui urin (glukosuria). Glukosa keluar bersama air karena efek osmotik dan untuk mengkompensasi hilangnya air tersebut, maka rasa haus meningkat dan lebih banyak minum (McPhee & Ganong, 2015).

Pemberian intervensi selama 28 hari menunjukkan peningkatan berat badan yang bermakna pada tikus kontrol normal (KN) dan pemberian TTU (P1, P2, dan P3). Peningkatan berat badan pada kelompok KN sebesar 6,33%, P1 sebesar 6,59%, P2 sebesar 19,59% dan P3 sebesar 16,42%. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan rerata berat badan secara bermakna saat pemberian perlakuan (Dewi et al., 2020). Peningkatan berat badan pada kontrol normal terjadi akibat tikus pada kelompok tersebut tidak mengalami DM sehingga metabolisme tubuh berjalan normal, yaitu energi yang digunakan berasal dari glukosa bukan dari pemecahan lemak dan protein (Linder, 2010).

Kelompok perlakuan (P1, P2, dan P3) mengalami peningkatan berat badan secara signifikan karena rata-rata asupan pakan per hari pada kelompok intervensi lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok KN, yaitu P1 sebesar 17,27 gram, P2 sebesar 16,15 gram, P3 sebesar 13,47 gram, sedangkan KN sebesar 13,42 gram. Jumlah asupan pakan tiap kelompok akan berpengaruh pula terhadap asupan kalori, yaitu asupan kalori kelompok KN sebesar 45,67 kkal/hari, P1 sebesar 54,58 kkal/hari, P2 sebesar 47,20 kkal/hari, dan P3 sebesar 39,30 gram/hari. Asupan kalori yang diperoleh dari pakan akan digunakan sebagian oleh tubuh sebagai sumber energi dan sisanya akan disimpan di dalam jaringan adiposa. Hal inilah yang akan menyebabkan peningkatan berat badan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan serat dan flavonoid pada bahan pangan memiliki kontribusi terhadap peningkatan berat badan pada tikus DM. Kandungan serat pada TTU yaitu 21,23 gram/100 gram dan flavonoid sebesar 154 mg/100 gram. Serat dan flavonoid memiliki peranan dalam mengatur metabolisme glukosa dengan cara menghambat atau menurunkan proses glukoneogenesis. Ketika proses glukoneogenesis terhambat maka simpanan lemak dan protein dalam tubuh tidak diubah menjadi karbohidrat sehingga tetap tersimpan di dalam tubuh, sehingga dapat mengendalikan penurunan berat badan (Dewi et al., 2020).

Kadar Glukosa Darah Puasa

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit metabolik yang ditandai dengan konsentrasi glukosa darah tinggi (hiperglikemia) akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin ataupun keduanya (World Health Organization, 2019). Kadar GDP tikus model DM lebih tinggi dibandingkan tikus normal. Penelitian ini sejalan dengan penelitian lainnya, yaitu kadar GDP tikus DM yang tidak mendapat perlakuan lebih tinggi dibanding tikus kontrol normal (Wiyono et al., 2021). Induksi NA dan STZ dapat menyebabkan kerusakan sel β pankreas secara parsial sehingga mengganggu sekresi insulin. Gangguan sekresi insulin akan menyebabkan penurunan kadar insulin dalam darah sehingga akan menurunkan penggunaan glukosa oleh sel-sel target (Szkudelski, 2012). Resistensi insulin berkaitan dengan penurunan stimulasi transport glukosa pada jaringan otot dan adiposa, gangguan sinyal insulin, serta gangguan intrinsik pada sistem transportasi glukosa. Ketika sinyal insulin terganggu, maka terjadi gangguan transportasi glukosa ke dalam sel yang diakibatkan oleh gagalnya translokasi transporter GLUT-4 ke membran plasma (DeFronzo RA, Ferrannini E, Zimmet P, 2015). Kondisi ini akan menyebabkan penurunan penggunaan glukosa pada jaringan perifer (jaringan otot dan lemak) sehingga akan mengakibatkan peningkatan kadar glukosa darah atau hiperglikemia. Pada tahap awal penyakit,

penurunan sensitivitas insulin akan memicu hiperfungsi sel- β untuk meningkatkan sekresi insulin dalam rangka mempertahankan kondisi normoglikemia. Kadar insulin yang beredar dalam darah tinggi (hiperinsulinemia) akan mencegah terjadinya hiperglikemia. Namun, secara bertahap peningkatan sekresi insulin oleh sel- β tidak mampu mengkompensasi penurunan sensitivitas insulin. Selain itu, fungsi sel- β mulai menurun dan terjadilah disfungsi sel- β yang akhirnya dapat menyebabkan kekurangan insulin. Akibatnya, kondisi normoglikemia tidak dapat lagi dipertahankan, sehingga terjadi hiperglikemia. Hiperinsulinemia ini terjadi pada tahap awal dan tengah penyakit merupakan pendorong terjadinya hiperglikemia pada DM tipe 2 (Banday et al., 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar GDP tikus model DM setelah diberi intervensi TTU selama 28 hari (33,04-54,61%). Rendahnya kadar GDP pada kelompok intervensi TTU disebabkan oleh kandungan antioksidan pada TTU, antara lain fenol (0,44%), flavonoid (1,54 mg/gram) dan antosianin (0,077 mg/gram). Beberapa penelitian menyatakan bahwa flavonoid dapat menurunkan kadar GDP tikus DM (Ayudia & Miftahurrahmah, 2022; Danthy et al., 2019).

Salah satu mekanisme fenol dan flavonoid dalam menurunkan kadar GDP adalah dengan menghambat α -amilase dan α -glukosidase (Tan & Ong, 2014; Unnikrishnan et al., 2014). Enzim α -amilase saliva dan pankreas yang akan berfungsi untuk menghidrolisis pati menjadi disakarida, kemudian disakarida akan dihidrolisis oleh α -glukosidase menjadi glukosa agar dapat diabsorpsi oleh mukosa usus halus (Tan & Ong, 2014). Kandungan antioksidan lainnya yang terdapat pada TTU adalah antosianin. Antosianin dapat menurunkan kadar GDP dengan cara menghambat enzim α -glukosidase (Guo & Xia, 2014). Penghambatan enzim α -amilase dan α -glukosidase akan memperlambat pencernaan karbohidrat akibatnya dapat menurunkan penyerapan glukosa di intestinal (Agada et al., 2020).

Selain antioksidan, kandungan TTU yang dapat mempengaruhi kadar GDP adalah serat pangan. Berdasarkan kelarutannya, serat pangan terdiri dari serat larut dan serat tidak larut (Adi, 2016). Serat larut dilaporkan dapat menurunkan kadar glukosa darah dengan cara mengikat air dengan membentuk gel sehingga akan meningkatkan viskositas isi usus. Hal ini akan memperlambat pengosongan lambung sehingga dapat mengurangi pencernaan karbohidrat. Penurunan penyerapan karbohidrat dapat menurunkan penyerapan glukosa (Hajipour et al., 2022). Pada penelitian ini sumber serat yang digunakan berasal dari selulosa dan TTU. Pada kelompok KN dan KD 100% sumber serat dari selulosa, kelompok P1 50% dari selulosa dan 50% dari TTU, sedangkan pada kelompok P2 dan P3 100% dari TTU.

Penurunan kadar GDP antarkelompok pemberian TTU memiliki perbedaan yang bermakna, yaitu penurunan kadar GDP terbesar pada kelompok P3, yaitu sebesar 54,61% (212,78 mg/dL menjadi 96,59 mg/dL). Hal ini disebabkan oleh asupan TTU kelompok P3 lebih tinggi (4,76 gram/hari) dibandingkan dengan kelompok lainnya (2,04 gram/hari untuk P1 dan 3,80 gram/hari untuk P2). Hal ini mengindikasikan bahwa besarnya perubahan kadar GDP pada kelompok intervensi TTU dipengaruhi oleh jumlah asupan TTU masing-masing kelompok intervensi. Semakin banyak TTU yang dikonsumsi, maka akan semakin tinggi pula konsentrasi senyawa aktif yang dapat berpotensi menurunkan kadar GDP. Kelompok P3 memiliki aktivitas yang kuat dalam menurunkan kadar GDP tikus dengan penurunan kadar GDP tertinggi (54,61%) dibanding kelompok P1 (33,04%) dan P2 (44,77%).

Berdasarkan hasil penelitian ini, asupan TTU tikus sebanyak 2,07-4,71 gram (setara dengan 115,92-263,76 gram untuk kebutuhan manusia) dapat mengendalikan berat badan dan menurunkan kadar GDP pada tikus model DM. Dalam upaya pencegahan DM, TTU ini dapat dikonsumsi oleh masyarakat dengan cara diolah menjadi makanan, misalnya sebagai makanan selingan seperti biskuit, kue, maupun jenis makanan yang lainnya. Upaya pencegahan DM terutama pada masyarakat yang memiliki resiko menderita DM yaitu memiliki riwayat keluarga menderita DM, overweight atau obesitas (IMT ≥ 25 kg/m² atau ≥ 23 kg/m²), obesitas sentral (lingkar perut ≥ 90 cm untuk laki-laki dan ≥ 80 cm untuk perempuan), dan prediabetes (kadar GDP 100-125 mg/dL atau kadar plasma 2 jam pada TTGO 140-199 mg/dL atau A1C 5,7-6,4%). Tepung terung ungu juga dapat dimanfaatkan sebagai upaya terapi atau penanganan pada penderita DM dengan tujuan untuk mencegah progresivitas DM dan mencegah terjadinya komplikasi DM (Fajriana et al., 2017).

KESIMPULAN DAN SARAN

Tepung terung ungu (*Solanum melongena L.*) mampu mempertahankan berat badan dan menurunkan kadar GDP tikus hiperglikemia akibat induksi NA-STZ. Berat badan tikus DM yang diberi

TTU lebih tinggi dibandingkan tikus kontrol DM. Kadar GDP tikus DM yang diberi TTU lebih rendah dibandingkan kontrol DM.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait pengembangan produk olahan berbasis TTU, kemudian dilakukan uji kandungan gizi dan uji mikrobiologis terhadap produk tersebut serta dilakukan uji klinis pada hewan coba hiperglikemia untuk mengetahui efek fungsional dari produk olahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. C. (2016). Karbohidrat. In Hardinsyah & I. D. N. Supriasa (Eds.), *Ilmu Gizi Teori & Aplikasi* (pp. 25–36). EGC. <https://repository.unair.ac.id/112978/>
- Agada, R., Usman, W. A., Shehu, S., & Thagariki, D. (2020). In vitro and in vivo inhibitory effects of Carica papaya seed on α -amylase and α -glucosidase enzymes. *Heliyon*, 6(3), e03618. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03618>
- Ayudia, E. I., & Miftahurrahmah. (2022). Pengaruh terong pirus kerinci terhadap kadar gula darah pada tikus putih galur sprague dawley. *Jambi Medical Journal, Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 10(1), 128–137. <https://online-journal.unja.ac.id/kedokteran/article/view/18378>
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kemenkes RI. (2018). *Laporan Nasional Riskesdas 2018*. <https://www.litbang.kemkes.go.id/laporan-ri-set-kesehatan-dasar-riskesdas/>
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine*, 10(04), 174–188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
- Danthy, R., Rakanita, Y., Mulyani, S., Kimia, J., & Palu, U. (2019). Uji Efek Ekstrak Etanol Kulit Terung Ungi terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Hiperkolesterolemia-Diabetes. *Farmakologika Jurnal Farmasi*, XVI(1), 103–115. <https://jfarma.org/index.php/farmakologika/article/view/56>
- DeFronzo RA, Ferrannini E, Zimmet P, A. K. (2015). *International Textbook of Diabetes Mellitus* (Fourth Ed.). John Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118387658>
- Dell, R. B., Holleran, S., & Ramakrishnan, R. (2002). Sample Size Determination. *ILAR Journal*, 43(4), 207–213. <https://doi.org/10.1093/ilar.43.4.207>
- Dewi, A. C., Widyastuti, N., & Probosari, E. (2020). Pengaruh Pemberian Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa Tikus Diabetes. *Journal of Nutrition College*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.14710/jnc.v9i1.24266>
- Fajriana, H., Farmawati, A., & Lestari, L. A. (2017). Antioxidant Effect of Purple Eggplant Flour (*Solanum melongena* L.) Against Oxidative Stress in Hyperglycaemic Rats. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*, 24(3), 247–254. <https://doi.org/10.1515/rjdnmd-2017-0030>
- Firmanto, B. H., & Sutisna, Y. (2010). *Sukses Bertanam Terung Secara Organik* (Pertama). Angkasa. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=947399>
- Guo, H., & Xia, M. (2014). Anthocyanins and Diabetes Regulation. In *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 83–93). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00008-6>
- Hajipour, A., Afsharf, M., & Jonoush, M. (2022). The effects of dietary fiber on common complications in critically ill patients ; with a special focus on viral infections ; a systematic reveiw. *Immunity, Inflammation and Disease, January*, 1–10. <https://doi.org/10.1002/iid3.613>
- Henry, C. J. K., & Thondre, P. S. (2011). *The glycaemic index : concept , recent developments and its impact on diabetes and obesity*. 154–175. <http://smith-gordon-publishing.co/pdf/Chapter-15-The-glycaemic-index-concept,-recent-developments-and-its-impact-on-diabetes-and-obesity-C.-Jeya-K.-Henry-and-Pariyath-S.-Thondre.pdf>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas 10th Edition*. <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>
- Linder, M. (2010). *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. UI Press. <https://onsearch.id/Record/IOS2779.slims-78450>
- McPhee, S., & Ganong, W. (2015). *Patofisiologi Penyakit: Pengantar Menuju Kedokteran Klinik. Bahasa Ind* (5th ed.). EGC. https://lib.fkik.untad.ac.id/index.php?p=show_detail&id=1297
- PERKENI. (2021). *Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia*. PB. PERKENI. <https://pbperkeni.or.id/unduh>
- Reeves, P. G., Nielsen, F. H., & Fahey, G. C. (1993). AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents:

- Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *The Journal of Nutrition*, 123(11), 1939–1951. <https://doi.org/10.1093/jn/123.11.1939>
- Szkudelski, T. (2012). Streptozotocin–nicotinamide-induced diabetes in the rat. Characteristics of the experimental model. *Experimental Biology and Medicine*, 237(5), 481–490. <https://doi.org/10.1258/ebm.2012.011372>
- Tan, B. K. H., & Ong, K. W. (2014). Influence of Dietary Polyphenols on Carbohydrate Metabolism. In *Polyphenols in Human Health and Disease* (Issue 1, pp. 95–111). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00009-8>
- Unnikrishnan, M. K., Veerapur, V., Nayak, Y., Mudgal, P. P., & Mathew, G. (2014). Antidiabetic, Antihyperlipidemic and Antioxidant Effects of the Flavonoids. In *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 143–161). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00013-X>
- Widowati, S. (2009). Tepung Aneka Umbi Sebuah Solusi Ketahanan Pangan. *Tabloid Sinar Tani*. <https://www.yumpu.com/id/document/view/12904393/tepung-aneka-umbi-sebuah-solusi-ketahanan-panganpdf-badan->
- Wiyono, H. T., Utami, E. T., & Wardhani, D. W. P. (2021). Effect of Baluran Gum Arabic on Blood Glucose Level in Diabetic Rat (*Rattus Novergicus*). *BERKALA SAINSTEK*, 9(2), 81. <https://doi.org/10.19184/bst.v9i2.22533>
- World Health Organization. (2019). *Classification of Diabetes Mellitus*. <https://www.who.int/publications/i/item/classification-of-diabetes-mellitus>
- Yarmohammadi, F., Rahbardar, M. G., & Hosseinzadeh, H. (2021). Effect of eggplant (*Solanum melongena*) on the metabolic syndrome: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 24(4), 420–427. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2021.50276.11452>