

PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG TEMPE DAN PATI GARUT (*Marantha arundinacea*) TERMODIFIKASI TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH TIKUS HIPERGLIKEMI

Isvi Thuba Mustaghfiroh, Enny Probosari^{*)}

Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro
Jl.Dr.Sutomo No.18, Semarang, Telp (024) 8453708, Email : gizifk@undip.ac.id

ABSTRACT

Background : *Hyperglycemic or elevated of blood glucose level over it's normal limit (which is over than is 126 mg/dl on fasting condition) and characteristic in diabetes melitus patient. Tempe and resistant starch from modified arrowroot by autoclaving cooling cycles was run in 3 cycles have been climed as have hypoglycemic effect. The purpose of this research was to determine effect of tempe flour and modified arrowroot starch on blood glucose level.*

Method : *This research was true-experimental using pre and post control group design. Twenty-four Sprague dawley rat with 3 months of ages divided into four groups (K, P1, P2, P3) and induced by 40 mg/kg BW STZ. Intervention started standard diet, standard diet + modified arrowroot starch (MAS), standard diet + tempe flour, standard diet + MAS+ tempe flour respectively to K, P1, P2, P3 for fourteen days. Blood glucose level was examined by GOD-PAP method. Data was examined by wilcoxon test and one-way ANOVA.*

Result : *No decrease blood glucose level significantly ($p < 0,05$) in all group after intervention during 14 days. Based on Anova test show that no defference between intervention group (P1,P2,P3) compare with control group (K) $p = 0,642$.*

Conclusion : *Tempe flour and modified arrowroot starch administration did not contribute in lowered blood glucose level.*

Keyword : *Blood Glucose Level; Hyperglycemic; Tempe flour; Modified Arrowroot Starch*

ABSTRAK

Latar Belakang: *Hiperglikemi atau peningkatan kadar glukosa darah melebihi batas normal (lebih dari 126 mg/dl untuk glukosa darah puasa) merupakan karakteristik yang timbul pada penderita diabetes melitus (DM). Tempe dan pati resisten yang dihasilkan dari modifikasi umbi garut dengan autoclaving cooling cycling sebanyak 3 siklus diketahui memiliki efek hipoglisemik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian tepung tempe dan pati garut termodifikasi terhadap kadar glukosa darah.*

Metode: *Jenis penelitian ini adalah true-experimental dengan desain pre and post randomized controlled group desain, menggunakan 24 ekor tikus Sprague dawley jantan berusia 3 bulan, dibagi menjadi 4 kelompok (K, P1, P2, P3) yang diinjeksi dengan 40 mg/kg BB STZ lalu dilanjutkan dengan perlakuan pakan standar, pakan standar + PGT, pakan standar + tepung tempe, pakan standar+PGT + tepung tempe untuk kelompok K, P1, P2, P3 selama 14 hari. Kadar glukosa darah diperiksa menggunakan metode GOD-PAP. Data hasil penelitian dianalisis dengan uji wilcoxon dan one-way ANOVA.*

Hasil: *Tidak terjadi penurunan kadar glukosa darah yang signifikan ($p < 0,05$) pada semua kelompok baik kontrol maupun perlakuan setelah 14 hari perlakuan. Uji Anova menunjukkan tidak ada beda ketiga kelompok perlakuan dibandingkan dengan kelompok kontrol $p = 0,642$.*

Simpulan: *Pemberian tepung tempe dan pati garut termodifikasi tidak terbukti menurunkan kadar glukosa darah.*

Kata Kunci: *Kadar glukosa darah; Hiperglikemi; Tepung tempe; Pati garut termodifikasi*

PENDAHULUAN

Hiperglikemi adalah suatu keadaan meningkatnya kadar glukosa darah lebih dari 7 mmol/liter (126 mg/dl) untuk glukosa darah puasa.¹ Hiperglikemi merupakan karakteristik pada penderita diabetes melitus (DM) yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau keduanya.²

WHO memprediksi peningkatan jumlah pasien DM setiap tahun, di dunia jumlah tersebut meningkat dari 171 juta orang (2000) menjadi 366 juta orang (2030), sedangkan untuk Indonesia

WHO memprediksi kenaikan jumlah pasien dari 8,4 juta (2000) menjadi sekitar 21,3 juta (2030). Peningkatan tersebut disebabkan karena perubahan gaya hidup, peningkatan prevalensi obesitas, dan proses degeneratif. Kurang tepatnya penanganan DM dapat berdampak terhadap komplikasi dari DM dan mortalitas yang mempengaruhi kualitas sumber daya manusia di masa mendatang.^{2,3}

Salah satu pilar perencanaan pengelolaan DM adalah dengan perencanaan diet yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi pasien. Komposisi makanan yang dianjurkan terdiri dari

^{*)}Penulis Penanggungjawab

karbohidrat 45-65% total energi terutama tinggi serat, lemak 20-25% total energi (lemak jenuh <7%, lemak tidak jenuh ganda <10%) dan protein 10 – 20% total energi.²

Bahan makanan dengan indeks glikemik rendah bermanfaat dalam penanganan penderita DM. Pemecahan dan absorpsi karbohidrat pada pangan dengan IG rendah berjalan lambat, sehingga menghasilkan peningkatan glukosa darah dan insulin secara lambat dan bertahap.⁴ Umbi garut (*Marantha arundinacea*) kukus dalam bentuk potongan memiliki indeks glikemik rendah (32).⁵ Rendahnya indeks glikemik umbi garut karena kandungan serat pangan, pati resisten, serta amilosa yang cukup tinggi.⁴

Modifikasi pati garut dengan metode *autoclaving-cooling cycling* sebanyak 3 siklus dengan waktu gelatinisasi selama 15 menit dapat meningkatkan kadar RS tipe III lebih dari lima kali lipat dibandingkan dengan pati garut *native*.⁶ Pati resisten (*Resistant Starch* atau RS) merupakan bagian pati yang tidak dapat dicerna dalam usus halus, akan tetapi difermentasi dalam usus besar oleh mikroflora.^{7,8} Mekanisme penurunan glukosa darah karena proses pencernaan RS yang lambat sehingga membantu kontrol pelepasan glukosa. Kadar protein pada tepung garut relatif lebih rendah sehingga untuk meningkatkan kadar protein diperlukan komplementer bahan yang mengandung protein tinggi, salah satunya tepung tempe.⁹

Tempe merupakan makanan tradisional hasil fermentasi kedelai dengan menggunakan kapang *Rhizopus oryzae sp.* Proses fermentasi menyebabkan pemecahan ikatan peptida pada kedelai sehingga protein kedelai mudah dicerna. Tempe sering dikonsumsi masyarakat sebagai sumber protein nabati. Hasil analisis lemak dan asam lemak pada tempe sebesar 2,89 % dengan kandungan asam lemak tertinggi asam linoleat, asam oleat, asam linolenat dan asam palmitat.¹⁰

Pemberian diet isokalori pada kelompok dengan tempe sebagai sumber protein selama 14 hari secara signifikan ($p < 0,001$) mempengaruhi penurunan kadar glukosa darah dibanding kelompok dengan kasein sebagai sumber protein.¹¹ Penelitian lain menyebutkan bahwa secara signifikan ($p = 0,001$) terjadi penurunan kadar glukosa darah setiap minggu pada tikus diabetes yang diberi pakan dengan substitusi tempe, bekatul dan campuran keduanya sebanyak 50 % dari asupan makanan sehari selama 21 hari dibandingkan dengan tikus pada kelompok kontrol.¹²

Protein dan isoflavon dalam tempe diketahui dapat menurunkan kadar glukosa darah.¹³ Protein tempe tinggi kandungan arginin dan glisin, yang terkait sekresi insulin dan glukagon dari pankreas.¹⁴ Kandungan isoflavon berupa genistein dapat menghambat α -glukosidase yang berperan pada beberapa kelainan metabolik seperti DM.¹⁵

Melalui penelitian ini, peneliti ingin mengetahui pengaruh tepung tempe, pati garut termodifikasi dan campuran keduanya terhadap kadar glukosa darah tikus hiperglikemi.

METODE

Subjek

Subjek yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague dawley* berjenis kelamin jantan, umur 10 minggu, berat badan ± 200 gram yang diperoleh dari Unit Pengembangan Hewan Percobaan LPPT UGM

Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah tepung tempe dan pati garut termodifikasi. Tempe dibuat dari kedelai lokal varietas wilis yang diperoleh dari petani di Boyolali, tempe dibuat oleh pengrajin tempe di Boyolali. Pati garut termodifikasi (PGT) dibuat dari pati garut yang diperoleh dari Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan (BKPP) DIY, modifikasi pati garut menggunakan metode *autoclaving cooling cycling* sebanyak 3 siklus dilakukan oleh teknisi di laboratorium rekayasa Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (TPHP) UGM.

1. Persiapan Komponen Utama Penyusun Pakan

a. Tepung Tempe

Kedelai direndam 12 jam, selanjutnya dicuci dan direbus selama 1 jam. Kedelai rebus dicuci, dipisahkan keping dan kulit arinya. Keping kedelai direbus 0,5 jam, ditiriskan setelah dingin diinokulasi dengan ragi komersial (1-2 g /kg kedele) dan difermentasi selama 36 jam menjadi tempe. Tempe dikukus selama 15 menit, didinginkan, diiris halus dan keringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari, kemudian dihaluskan sehingga dihasilkan tepung tempe dan diayak 80 mesh.

b. Pati garut termodifikasi (PGT)

Untuk meningkatkan kandungan pati resisten pada pati garut, digunakan metode *autoclaving cooling cycling*. Cara pembuatannya adalah sebagai berikut: pati garut disuspensikan ke dalam 20 % w/v aquadest, dipanaskan hingga homogen dan mengental, selanjutnya diautoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C. Proses

selanjutnya dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 3 jam selanjutnya disimpan dalam lemari pendingin bersuhu 4°C selama 24 jam, proses autoklaf hingga penyimpanan dalam lemari pendingin dilakukan 3 kali. Selanjutnya dikeringkan dengan *cabinet dryer* suhu 100 °C, kemudian digiling dan diayak 80 mesh.

Proses *autoclaving cooling cycling*, sebanyak 3 siklus diketahui dapat meningkatkan kandungan RS. Pemanasan di dalam autoklaf bertujuan menggelatinisasi pati dan mempercepat keluarnya molekul amilosa dari granula pati. Hal ini disebabkan fraksi amilosa lebih mudah dan

cepat mengalami retrogradasi dibandingkan amilopektin. Tahap proses pendinginan bertujuan untuk mempercepat retrogradasi pati yaitu proses saat amilosa dengan amilosa dan amilosa dengan amilopektin berikatan kembali satu sama lain melalui ikatan hidrogen yang menyebabkan struktur pati menjadi lebih kompak dan lebih sulit mengalami hidrolisis oleh enzim amilase.¹⁶

2. Persiapan pakan perlakuan

Pakan perlakuan diformulasikan untuk mencapai isokalori, dengan 50 % kalori digantikan PGT, tepung tempe, dan campuran keduanya.

Tabel 1. Komposisi pakan perlakuan

Bahan	%	Kel kontrol (g)	Kel perlakuan 1 (g)	Kel. Perlakuan 2 (g)	Kel. Perlakuan 3 (g)
Pakan standar	KH	59			
	L	7	20	10	10
	P	15			
PGT	KH	98,3			
	L	0,8	-	8	-
	P	0,52			4
Tepung tempe	KH	46,5			
	L	19,7	-	-	9
	P	30,2			5
Energi (kkal)		3,85	3,95	3,84	3,96

Metode Penelitian

Penelitian ini berjenis *true experimental* dengan desain *pre-post test with randomized control group design*. Pemilihan subjek penelitian untuk pengelompokan dan pemberian perlakuan menggunakan metode *random sampling*.

Sampel dibagi menjadi 4 kelompok sebagai berikut:

- K : pakan standar + air minum *ad libitum*
- P1 : pakan standar +PGT + air minum *ad libitum*
- P2 : pakan standar + tepung tempe + air minum *ad libitum*
- P3 : pakan standar + tepung tempe + PGT + air minum *ad libitum*

Penelitian ini dilaksanakan dalam enam tahap meliputi aklimatisasi, pengambilan darah awal sebagai standar, perlakuan hiperglikemi dengan injeksi *streptozotocin* (STZ), pengambilan darah hiperglikemi, pemberian pati garut termodifikasi, tepung tempe dan campuran keduanya, dan pengambilan darah akhir.

Tikus dipelihara dalam ruangan dengan suhu 20-22°C, tikus dipelihara dalam kandang individual dan diberi pakan standar sebanyak 20 gram setiap harinya dan minum *ad libitum*. Tikus diadaptasi dengan lingkungan barunya selama 4 hari di dalam kandang individu dan mendapat pakan standar AD II serta minum *ad libitum*. Selanjutnya tikus mendapat perlakuan hiperglikemi dengan injeksi berulang dosis rendah menggunakan STZ secara *intraperitoneal* sebesar 40mg/kgBB (2 kali pengulangan injeksi) dan dilihat hasilnya pada hari ke-10 untuk injeksi pertama dan pada hari ke-20 untuk injeksi kedua. Injeksi dilakukan dua kali karena pada injeksi pertama belum membuat kadar glukosa darah tikus meningkat. Selanjutnya sampel dipilih secara random untuk menentukan kelompok K, P1, P2, dan P3 lalu diberikan masing-masing pati garut termodifikasi, tepung tempe dan campuran keduanya yang telah dibuat mendekati isokalori selama 14 hari.

Sampel darah diambil melalui *plexus retroorbitalis* tikus *Sprague dawley* yang dipuaskan ± 10 jam terlebih dahulu sebanyak 0,5

ml dan dimasukkan ke dalam tabung. Pengukuran kadar glukosa darah tikus dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) Unit 1 UGM dengan metode GOD-PAP.

Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang dikumpulkan meliputi perhitungan jumlah asupan pakan, pemantauan berat badan tikus setiap 7 hari dan data kadar glukosa darah awal dan akhir.

Data yang diperoleh diuji normalitasnya dengan uji *Shapiro-Wilk*. Perbedaan kadar glukosa darah sebelum dan setelah perlakuan hiperglikemi diuji dengan *Wilcoxon*. Perbedaan pengaruh pati

garut termodifikasi, tepung tempe dan campuran keduanya terhadap kadar glukosa darah dianalisis menggunakan uji *Anova*.

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Sampel

Dua puluh empat ekor tikus *Sprague dawley* jantan dipelihara dalam kandang individu. Penimbangan berat badan dilakukan seminggu sekali sedangkan penimbangan sisa pakan dilakukan setiap hari selama penelitian. Hasil analisis rerata berat badan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Rerata Berat Badan Sebelum Dan Setelah Perlakuan

Kelompok	N	Rerata ± Simpang Baku		Δ	% Δ	p
		Sebelum Perlakuan (mg/dl)	Selama Perlakuan (mg/dl)			
K	5	184,9 ± 17,04	173,0 ± 29,32	-11,8 ± 18,68 ^a	6,40	0,229 ^b
P1	6	182,9 ± 22,16	159,7 ± 17,27	-23,2 ± 28,89 ^a	12,68	0,918 ^b
P2	6	192,7 ± 17,10	173,7 ± 20,28	-18,9 ± 36,31 ^a	9,83	0,801 ^b
P3	6	220,7 ± 15,24	193,9 ± 28,08	-26,8 ± 31,26 ^a	12,14	0,985 ^b

^a Uji Anova
^b Paired t-test

Berdasarkan hasil *Paired t-test* tabel rerata berat badan di atas, menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang tidak bermakna berat badan sampel pada awal dan akhir penelitian. Hasil analisis perubahan berat badan yang diuji

menggunakan uji *Anova* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antar kelompok perlakuan ($p=0,861$). Rerata asupan sampel selama perlakuan disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Rerata Asupan Selama Perlakuan

Kelompok	Rerata ± Simpang Baku		p
	Asupan (g)	Energi (kkal)	
K	16,5 ± 2,40	3,2 ± 0,47 ^a	0,680
P1	13,3 ± 1,70	2,9 ± 0,34 ^a	
P2	14,9 ± 1,70	2,9 ± 0,37 ^a	
P3	15,5 ± 3,10	3,1 ± 0,56 ^a	

^a Uji Anova

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna asupan energi sampel selama perlakuan ($p=0,680$).

Kadar Glukosa Darah Setelah Injeksi *Streptozotocin*

Rerata hasil injeksi menggunakan STZ (*Streptozotocin*) disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4. Rerata kadar glukosa darah setelah injeksi STZ

Waktu perlakuan	Rerata ± Simpang Baku (mg/dl)	p
-----------------	-------------------------------	---

Sebelum	105,7 ± 14,45	0,028*
Setelah	371,7 ± 83,88	

* Uji Wilcoxon

Terdapat perbedaan yang bermakna ($p=0,028$) kadar glukosa darah sampel setelah diinjeksi menggunakan STZ.

Kadar Glukosa Sebelum dan Setelah Pemberian Perlakuan Tepung tempe, PGT, Dan Campuran Keduanya

Tabel 5. Rerata Kadar glukosa darah sebelum dan setelah pemberian perlakuan

Kelompok	N	Rerata ± Simpang Baku		Δ (mg/dl)	%Δ	p
		Sebelum (mg/dl)	Sesudah (mg/dl)			
K	5	389,1 ± 80,88	496,2 ± 67,68	107,1 ± 104,52 ^a	27,53	0,080*
P1	6	392,1 ± 112,25	526,0 ± 93,71	133,9 ± 84,86 ^a	34,13	0,028*
P2	6	370,1 ± 138,17	458,6 ± 38,16	88,5 ± 141,74 ^a	23,92	0,173*
P3	6	318,5 ± 125,47	488,7 ± 37,20	170,2 ± 105,60 ^a	53,43	0,028*

Keterangan:

^{a,b} nilai yang disertai notasi yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji lanjut LSD

* Uji wilcoxon. K (kelompok kontrol), P1 (perlakuan PGT), P2 (perlakuan tepung tempe), P3 (perlakuan PGT+tepung tempe)

Tabel 5 di atas menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kelompok P1 dan P3, sedangkan pada kelompok K dan kelompok P2 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan sebelum dan setelah pemberian perlakuan, namun terjadi peningkatan kadar glukosa darah pada semua kelompok. Setelah diuji *Anova*, ketiga kelompok perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna dibandingkan kelompok kontrol $p = 0,642$.

PEMBAHASAN

Kadar Glukosa Darah Setelah Injeksi *Streptozotocin*

Injeksi menggunakan STZ sebesar 40 mg/kg BB mampu meningkatkan kadar glukosa darah secara bermakna $p=0,028$. Terjadi peningkatan kadar glukosa darah pada hari kesepuluh setelah injeksi.¹⁷ Hal ini mungkin disebabkan karena STZ merupakan senyawa hasil sintesis dari *Streptomyces achromogenes* yang secara selektif menghancurkan sel β pada pulau langerhans, sehingga menyebabkan ketidaknormalan sel β .¹⁸ STZ merupakan zat diabetogenik, injeksi intraperitoneal 40 mg/kgBB atau lebih dapat menyebabkan DM tipe 1.¹⁹ STZ masuk ke dalam sel β melalui pengangkut yang sama dengan glukosa yaitu GLUT-2. Mekanisme perusakan didahului dengan menghilangkan respon sel beta pankreas terhadap glukosa, dengan adanya STZ diduga dapat menyebabkan terhalangnya ikatan glukosa dengan GLUT-2. Selanjutnya terjadi

respon umpan balik yang dapat menyebabkan kerusakan dan hilangnya respon sel beta pankreas terhadap glukosa.¹⁸

Kadar Glukosa Darah Setelah Pemberian PGT, Tepung Tempe Dan Campuran Keduanya

Pemberian PGT dan tepung tempe diharapkan dapat menurunkan kadar glukosa darah tikus hiperglikemi, namun dalam penelitian ini berlaku sebaliknya. Semua kelompok dalam penelitian ini mengalami peningkatan kadar glukosa darah, hal ini menunjukkan bahwa pemberian PGT dan tepung tempe kurang efektif sebagai alternatif bahan hipoglikemik. Ada dua kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi, pertama besarnya efek yang ditimbulkan dari injeksi STZ. Kerusakan sel β pankreas pada hewan percobaan dapat dibuat dengan injeksi 40 mg/kgBB STZ atau lebih secara intraperitoneal.¹⁹ Pemberian injeksi berulang dosis rendah (*Multiple low dose*) STZ sebesar 40 mg/kgBB selama 5 hari berturut-turut diketahui dapat menyebabkan kerusakan sel β pankreas pada mencit.²⁰ Penelitian pada tikus dengan injeksi dosis berulang STZ sebesar 40 mg/kgBB selama 2 hari berturut-turut juga mampu menyebabkan kerusakan sel β pankreas, ditandai dengan tingginya kadar glukosa darah pada tikus yang mendapat perlakuan STZ ($31,3 \pm 1,03$ mmol/l) dibanding dengan tikus yang tidak mendapat perlakuan ($9,3 \pm 0,20$ mmol/l).²¹

Injeksi berulang dosis rendah menggunakan STZ diketahui dapat menyebabkan kerusakan sel secara selektif, memunculkan reaksi autoimun

yang menyebabkan hilangnya sisa sel β pankreas penghasil insulin dan hal ini merupakan ciri khas dari DM tipe 1.²² Pengelolaan DM tipe 1 sangat bergantung dengan insulin sehingga disebut dengan istilah IDDM (*insulin-dependent diabetes mellitus*), dengan perlakuan tepung tempe yang mengandung isoflavin diharapkan dapat menurunkan kadar glukosa darah dengan mekanisme perlindungan sisa-sisa sel beta pankreas dari efek toksik STZ dan meningkatkan fungsi sel beta pankreas.¹⁵ Penelitian ini menunjukkan hasil yang sebaliknya dengan meningkatnya kadar glukosa darah kelompok P2, diduga hal ini disebabkan karena sedikitnya kandungan isoflavin dalam tepung tempe yang digunakan.¹⁹ Perbedaan varietas kedelai yang digunakan sebagai bahan tempe juga mempengaruhi kandungan isoflavin.¹⁵

Besarnya efek STZ dalam merusak sel β pankreas diduga menyebabkan perlakuan yang diberikan tidak berhasil mengendalikan kadar glukosa darah. Akibatnya kadar glukosa darah terus meningkat hingga akhir penelitian, kondisi DM bertahan hingga minggu ke-5 pada mencit yang diinjeksi berulang dengan dosis rendah menggunakan STZ sebesar 40 mg/kg BB.²⁰

Kemungkinan kedua yaitu kurang tepatnya teknis pemberian pakan perlakuan. Pakan perlakuan dan pakan standar dicampur dan dibuat mendekati isokalori, sehingga data sisa pakan yang tercampur tidak diketahui secara pasti apakah pakan perlakuan dihabiskan oleh sampel atau tidak. Data yang terkumpul adalah sisa pakan yang telah tercampur, sehingga sulit diidentifikasi apakah sisa pakan tersebut pakan perlakuan atau pakan standar. Diduga pakan perlakuan tidak diasup maksimal oleh sampel, kemungkinan hal ini yang menjadi penyebab tidak ada perbedaan kadar glukosa darah pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan sekaligus meningkatnya kadar glukosa darah.

Pengaruh Perlakuan Terhadap Berat Badan Sampel

Semua kelompok dalam penelitian ini mengalami penurunan berat badan yang tidak signifikan setelah diberikan perlakuan. Penurunan berat badan terjadi pada semua kelompok yang seharusnya hanya terjadi pada kelompok kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pengaruh yang kuat dari STZ dalam merusak sel β pankreas, efek STZ terhadap berat badan, asupan makanan, polifagi (lapar), poliuria (kencing) dan polidipsi (haus) terlihat pada hari ke-3 hingga hari ke-7 pasca injeksi STZ.¹⁵

Penurunan berat badan ini diduga disebabkan karena kerusakan sel β pankreas tikus yang menyebabkan terganggunya metabolisme karbohidrat, lemak dan protein.²⁴ Insulin dibutuhkan dalam metabolisme karbohidrat, sehingga kerusakan sel β pankreas menyebabkan terganggunya metabolisme karbohidrat sebagai sumber energi. Kondisi ini merangsang tubuh untuk melakukan glukoneogenesis baik dari lemak maupun protein. Peristiwa berlangsung terus-menerus karena insulin yang membatasi glukoneogenesis sangat sedikit atau tidak ada sama sekali. Akibatnya, terjadi pengurangan jumlah jaringan otot dan jaringan adiposa secara signifikan sehingga terjadi penurunan berat badan.²⁴

SIMPULAN

Pemberian tepung tempe, pati garut termodifikasi dengan metode *autoclaving cooling cycling* sebanyak 3 kali dan campuran keduanya tidak terbukti menurunkan kadar glukosa darah tikus hiperglikemi.

DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization (WHO). Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycemia. 2006.
2. Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia. Jakarta : PB. PERKENI. 2006.
3. Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., King, H. Global Prevalence of Diabetes Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004; 27.
4. Rimbawan dan siagian, albiner. Indeks Glikemik Pangan: cara mudah memilih pangan yang menyehatkan. Ctkn 1. Jakarta: Penebar Swadaya. 2004.
5. Utami, A.R. Kajian Indeks Glikemik dan Kapasitas in vitro Pengikatan Kolesterol dari Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus* BL) dan Umbi Garut (*Marantha arundinacea* L) (skripsi). Bogor: IPB: 2008.
6. Pratiwi R. Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (*Autoclaving-Cooling Cycling*) untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III (Skripsi). Bogor: IPB: 2008.
7. Haralampu SG. Resistant starch – A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*. 2000; 41, 285–292.
8. Sajilata MG, Singhal RS, dan Kulkarni PR. Resistant starch-a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safty. Food Engineering and Technology Dept., Inst. Of Chemical Technology, Matunga, Mumbai*. 2006; 5: 1–17.

9. Yulanda, Dika. Pemanfaatan Tepung Umbi Garut (Maranta Arundinaceae L.) Dalam Pembuatan Bubur Instan Dengan Pencampuran Tepung Tempe (skripsi). Lampung : UNAD. 2011.
 10. Utari. Kandungan Asam Lemak, Zink, Dan Copper Pada Tempe, Bagaimana Potensinya Untuk Mencegah Penyakit Degeneratif ?. Gizi Indon. 2010; 33(2):108-115.
 11. Wulan,dkk. Pengujian Efek Hipoglisemik Kedele, Fraksi Protein Kedele dan Tempe pada Tikus Diabetes. Jurnal Teknologi Pertanian; 3(2): 94 – 102 94.
 12. Kusuma, H. Pengaruh pemberian bekatul dan tempe terhadap profil gula darah pada tikus yang diberi alloxan. (Tesis). Surakarta: UNS. 2010.
 13. Villegas R, Gao YT, Gong Y, Li HL, Elasy TA, Zheng W, et al. Legume and soy food intake and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai Women's Health Study. Am J Clin Nutr. 2008;87:162–7.
 14. Bhatena SJ, Velasquez MT. Beneficial role of dietary phytoestrogens in obesity and diabetes. Am J Clin Nutr. 2002.76:1191–1201.
 15. Ghozali DS, Handharyani E, Rimbawan. Pengaruh Tempe terhadap Kadar Gula Darah dan Kesembuhan Luka pada Tikus Diabetik. Cermin Dunia Kedokteran. 2010; Vol. 37 No. 3 : 167-173.
 16. Gustiar, haris. Sifat Fisiko-Kimia Dan Indeks Glikemik Produk Cookies Berbahan Baku Pati Garut (Maranta Arundinacea L.) Termodifikasi (Skripsi). Bogor: IPB: 2009.
 17. Astuti P, Fitria L, S. Mulyati. Pembuatan Hewan Model Standar Untuk Diabetes Mellitus Tipe 1 Pada Galur *Sprague Dawley* Sebagai Respon Streptozotocin. Laboratorium Penelitian Dan Pengembangan Terpadu UGM. Yogyakarta. 2009.
 18. West E, Simon OR, Morrison EY. Streptozotocin alters pancreatic beta cell responsiveness to glucose within six hours of injection into rats. West Indian Med J; 1996:45:60-62.
 19. Nugroho, A.D., Review Hewan Percobaan Diabetes Mellitus : Patologi Dan Mekanisme Aksi Diabetogenik. Biodiversitas. 2006: 7(4): 378-382.
 20. Arora, S., et al. Characterisation of Streptozotocin Induced Diabetes Mellitus in Swiss Albino Mice. Global Journal of Pharmacology. 2009: 3 (2): 81-84.
 21. Havel, P.J., et al. Effects of Streptozotocin-Induced Diabetes and Insulin Treatment on the Hypothalamic Melanocortin System and Muscle Uncoupling Protein 3 Expression in Rats. Diabetes. 2000: Vol. 49.
 22. Cardinal, J.W., et al. Increased Susceptibility to Streptozotocin-Induced b-Cell Apoptosis and Delayed Autoimmune Diabetes in Alkylpurine-DNA-N-Glycosylase-Deficient Mice. Molecular And Cellular Biology. 2001: 21(16): 5605–5613.
 23. Mustikaningrum, dkk. Pengaruh Pratanak Kacang Kapri (*Pisum Sativum L*) Terhadap Kadar Pati Resisten Dan Sifat Hipoglikemik Pada Tikus Diabetik Induksi Alloxan. Prosiding Seminar Nasional Food Habit and Degenerative Diseases.
 24. Granner, D.K., Hormon Pankreas dan Traktus Gastrointestinal. Dalam: Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., & Rodwell, V.W. Biokimia Harper. Edisi 25. Jakarta: EGC. 2003: 582 – 593.
-