

**DIET BERAS MERAH DAN BERAS PUTIH PRATANAK PADA TIKUS HIPERGLIKEMIA
(PRECOOKED RED RICE AND WHITE RICE DIETS IN HYPERGLYCEMIC RAT)**

Dita Kristanti^{1,3,*}, Viera Nu'riza Pratiwi^{2,3}, Endang S. Rahayu³, dan Mary Astuti³

¹Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. KS Tubun No 5 Subang, Jawa Barat, Indonesia

²Program Studi S1 Gizi, Fakultas Kesehatan, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Jl. Jemursari No. 51-57, Surabaya, Indonesia

³Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia

E-mail: dita.kristanti@gmail.com, *kontributor utama pada publikasi ini

Diterima: 05-02-2021

Direvisi: 17-12-2021

Disetujui: 29-12-2021

ABSTRACT

Hyperglycemia is a carbohydrate metabolism disorder causing diabetes. The difference in glycemic index (GI) in red rice and white rice causes different effects on blood glucose. Precooked rice processing causes starch retrogradation which can form Resistant Starch (RS) thereby lowering the GI of rice. Resistant starch is fermented into Short Chain Fatty Acids (SCFAs) and affects the colonic microbiota population. This study aims to determine the effect of precooked red rice and precooked white rice consumption on fasting blood glucose concentration, Ferric Reducing Ability on Plasma (FRAP) concentration, Escherichia coli, and Lactobacillus populations, and SCFAs digesta in hyperglycemic Wistar rats. This study was conducted using 24 male Wistar rats aged 8 weeks with a bodyweight of 200-220 grams. The rats were divided into 4 treatment groups: healthy (S), hyperglycemic (H), a hyperglycemic diet of precooked red rice (H+BMP), and hyperglycemic rats of precooked white rice diet (H+BPP). Consumption of precooked red rice (BMP) for 6 weeks was shown to reduce fasting blood glucose concentration (57.95%), while consumption of cooked white rice (BPP) actually increased fasting blood glucose concentration (4.16%) in hyperglycemic rats. Consumption of BMP also resulted in higher blood antioxidant capacity than BPP. However, consumption of BMP and BPP had no significant effect on the E. coli population, Lactobacillus population, and SCFAs digesta levels.

Keywords: glucose, hyperglycemia, precooked, red rice, white rice

ABSTRAK

Hiperglikemia adalah suatu tanda gangguan metabolisme karbohidrat yang menyebabkan penyakit diabetes. Perbedaan Indeks Glikemik (IG) pada beras merah dan beras putih menyebabkan perbedaan efek pada glukosa darah. Pengolahan beras secara pratanak menyebabkan retrogradasi pati yang dapat membentuk *Resistant Starch* (RS) sehingga menurunkan IG pada beras. *Resistant starch* difermentasi menjadi *Short Chain Fatty Acids* (SCFAs) dan mempengaruhi populasi mikrobiota di kolon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi beras merah dan beras putih precooked terhadap konsentrasi glukosa darah puasa, konsentrasi *Ferric Reducing Ability on Plasma* (FRAP), populasi *Escherichia coli* dan *Lactobacillus*, serta SCFAs digesta tikus Wistar hiperglikemia. Penelitian ini dilakukan menggunakan 24 ekor tikus putih Wistar jantan berumur 8 minggu dengan berat badan 200-220 gram. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan: sehat (S), hiperglikemia (H), hiperglikemia diet beras merah pratanak (H+BMP), dan tikus hiperglikemia diet beras putih pratanak (H+BPP). Konsumsi beras merah pratanak (BMP) selama 6 minggu terbukti menurunkan konsentrasi glukosa darah puasa (57.95%), sedangkan konsumsi beras putih pratanak (BPP) justru meningkatkan konsentrasi glukosa darah puasa (4.16%) pada tikus hiperglikemia. Konsumsi BMP juga menghasilkan kapasitas antioksidan darah yang lebih tinggi dibandingkan BPP. Namun, konsumsi BMP dan BPP tidak berpengaruh nyata terhadap populasi E. coli, populasi *Lactobacillus*, dan kadar SCFAs digesta. [Penel Gizi Makan 2021, 44(2):93-104]

Kata kunci: glukosa, hiperglikemia, pratanak, beras merah, beras putih

PENDAHULUAN

Hiperglikemia merupakan suatu tanda terjadinya gangguan metabolisme karbohidrat di dalam tubuh yang disebabkan oleh ketidakmampuan pankreas untuk mensekresikan insulin atau akibat resistensi insulin sehingga dapat menimbulkan penyakit diabetes. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menangani diabetes adalah pengobatan, peningkatan aktivitas fisik, dan pengelolaan diet (konsumsi makanan). Dalam pengelolaan diet, makanan berindeks glikemik rendah^{1,2}, mengandung resistant starch/RS³⁻⁵, dan antioksidan dari bahan makanan^{6,7} terbukti dapat memperbaiki konsentrasi glukosa darah pada tikus dan penderita diabetes.

Beras merupakan makanan pokok utama yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Beras merah dan beras putih merupakan dua jenis beras yang biasa dikonsumsi masyarakat Indonesia. Beras merah (43,30) memiliki IG lebih rendah dibanding beras putih (69,96)^{8,9}. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan dan aktivitas antioksidan beras merah lebih tinggi dibanding beras putih¹⁰.

Penurunan IG bahan dapat dilakukan dengan meningkatkan kadar RS melalui proses pengolahan bahan. Hasil penelitian menyebutkan bahwa pengolahan bahan dengan melibatkan proses retrogradasi pati menyebabkan peningkatan kadar RS dan penurunan IG bahan^{11,12}. Pengolahan pratanak yang melibatkan retrogradasi pati pada beras dapat dilakukan sebagai upaya meningkatkan kadar RS sehingga menghasilkan IG beras yang lebih rendah.

Resistant Starch merupakan *colonic food* yang dapat difermentasi menjadi SCFAs serta dapat menstimulasi pertumbuhan mikrobiota secara tidak spesifik. RS dapat dimanfaatkan oleh mikrobiota yang menguntungkan dan berpotensi merugikan/ patogen¹³. Konsumsi RS terbukti meningkatkan konsentrasi asam asetat, butirat, dan propionat pada sekum babi¹⁴, luminal tikus¹⁵ dan feses manusia¹⁶. Hasil penelitian membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi asam butirat di feses berkaitan dengan penurunan konsentrasi glukosa darah tikus diabetes¹⁷. Selain itu, konsumsi RS terbukti mampu meningkatkan populasi *Lactobacillus* dan *Enterobacteria* di sekum tikus¹⁵. Namun hasil penelitian terbaru membuktikan bahwa konsumsi RS mampu menurunkan populasi *E. coli* di kolon babi¹⁴, dan tidak mampu meningkatkan *Lactobacillus* di sekum dan kolon tikus¹⁸.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

pengaruh diet beras precooked dalam penurunan konsentrasi glukosa darah puasa; dan peningkatan kapasitas antioksidan serta konsentrasi SCFAs digesta tikus Wistar hiperglikemia. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh diet beras precooked terhadap perubahan populasi *Lactobacillus* dan *E. coli* digesta tikus Wistar hiperglikemia.

METODE

Proses pratanak pada beras merah dan putih bertujuan untuk meningkatkan kandungan RS. Pembuatan beras merah dan putih pratanak mengacu pada penelitian sebelumnya³⁰. Proses pratanak dilakukan dengan pemanasan beras pada suhu 80°C selama 10 menit yang dilanjutkan pendinginan pada suhu 4°C selama 1 jam dan pengeringan pada suhu 50°C selama 5 jam.

Penelitian ini telah memperoleh ijin *Ethical Clearance* dengan No. 182/KEC-LPPT/IX/2014 yang diterbitkan oleh Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT), UGM. Penelitian ini dilakukan menggunakan 24 ekor tikus putih Wistar jantan berumur 8 minggu dengan berat badan 200-220 gram. Penentuan jumlah tikus dilakukan menggunakan rumus Federer sebagai berikut $(n-1)(k-1) \geq 15$, dimana n adalah jumlah sampel tiap kelompok dan k adalah jumlah kelompok perlakuan. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan:

- 1) S : tikus sehat
- 2) H : tikus hiperglikemia
- 3) H+BMP : tikus hiperglikemia diet beras merah pratanak
- 4) H+BPP : tikus hiperglikemia diet beras putih pratanak

Tikus diadaptasi selama 7 hari. Tikus dibuat dalam kondisi hiperglikemia dengan induksi 230 mg/kg nicotinamide (NA) dan 65 mg/kg Streptozotocin (STZ) secara intraperitoneal¹⁹. Status hiperglikemia ditandai dengan glukosa darah puasa > 200mg/dL²⁰ setelah hari ke-5 induksi STZ+NA

Pemberian pakan dan air minum dilakukan secara *ad libitum* selama 6 minggu. Tikus kelompo S dan H diberi diet AIN 93M, sedangkan tikus H+BMP dan H+BPP diberi diet AIN 93M dengan modifikasi isoserat. Komposisi diet pada masing-masing kelompok perlakuan ditampilkan pada Tabel 1. Konsumsi pakan dihitung setiap hari, sedangkan analisis glukosa darah puasa dilakukan setiap minggu sekali selama perlakuan berlangsung. Analisa glukosa darah dilakukan dengan metode *Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantipirin* (GOD-PAP).

Tabel 1
Komposisi Diet Masing-Masing Kelompok Perlakuan

Bahan (g)	Kelompok perlakuan			
	S	H	H+BMP	H+BPP
Maizena	625	625	180	85
Beras merah	-	-	628,14	-
Beras putih	-	-	-	732,06
Kasein	140	140	78,74	61,54
Sukrosa	100	100	35	30
Minyak kedelai	40	40	29,82	36,71
Serat	50	50	50 ^{*)}	50 ^{*)}
Mineral Mix	35	35	35	35
Vitamin Mix	10	10	10	10
L-cystine	1,8	1,8	1,8	1,8
Cholin bitatrate	2,5	2,5	2,5	2,5
Total (g)	1004,3	1004,3	1001,0	994,6
Total kalori (kkal)	3619,8	3619,8	3615,6	3617,4

Keterangan: ^{*)} serat yang terkandung dalam beras

Populasi *Lactobacillus* dan *E.coli*, kadar SCFAs digesta, serta kapasitas antioksidan (FRAP) dianalisis di akhir penelitian. Pengambilan digesta dilakukan dengan mengeluarkan isi *caecum* tikus secara aseptik. Pengujian SCFAs dilakukan dengan menimbang 1 gram digesta tikus kemudian disentrifugasi 10.000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang diperoleh dipisahkan untuk diinjeksikan ke *Gas Chromatography*. Pengenceran dilakukan untuk menyesuaikan kisaran pembacaan alat. Kadar SCFAs dihitung dengan mengalikan luas area kromatogram sampel dengan konsentrasi standar dan faktor pengenceran kemudian dibagi dengan luas area kromatogram standar. Populasi *Lactobacillus* dan *E.coli* digesta dihitung menggunakan metode plate count dengan media Rogosa agar (Oxoid-Inggris) ditambah 1,32 mL/L asam asetat glacial dan Tryptone Bile X-Glucuronide (TBX) agar (Oxoid-Inggris). Pengukuran kapasitas antioksidan plasma dilakukan dengan metode FRAP²¹.

Analisis data menggunakan analisis parametrik (*One Way ANOVA*) program SPSS 16.0 dengan $\alpha = 0.05$, dilanjutkan dengan uji *Duncan* untuk hasil yang menunjukkan berbeda nyata. Analisis data juga menggunakan analisis korelasi bivariat program SPSS 16.0 dengan $\alpha = 0.05$ untuk mengetahui hubungan antar parameter.

HASIL

Konsumsi pakan Tikus Selama Masa Perlakuan

Konsumsi pakan pada semua kelompok diamati setiap harinya selama masa perlakuan. Konsumsi pakan pada semua kelompok tikus selama masa perlakuan pada Gambar 1. Dari hasil analisis data diketahui bahwa jumlah konsumsi pakan tikus kelompok S tidak mengalami perubahan selama pengamatan, yaitu sekitar 14,86-17,33 g per hari. Konsumsi pakan tikus kelompok H selama pengamatan mengalami peningkatan dan signifikan lebih tinggi ($p < 0.05$) dibanding ketiga kelompok lainnya. Sementara itu, konsumsi pakan tikus kelompok H+BMP cenderung mengalami penurunan selama pengamatan. Konsumsi pakan tikus kelompok H+BMP signifikan lebih rendah ($p < 0.05$) dibanding kelompok H dan H+BPP. Secara umum, konsumsi pakan tikus kelompok ini tidak berbeda nyata dengan kelompok kontrol sehat. Konsumsi pakan tikus H+BMP lebih rendah dibanding kelompok lainnya khususnya setelah minggu ke-5 perlakuan.

Efisiensi Pakan (Feed Conversion Ratio)

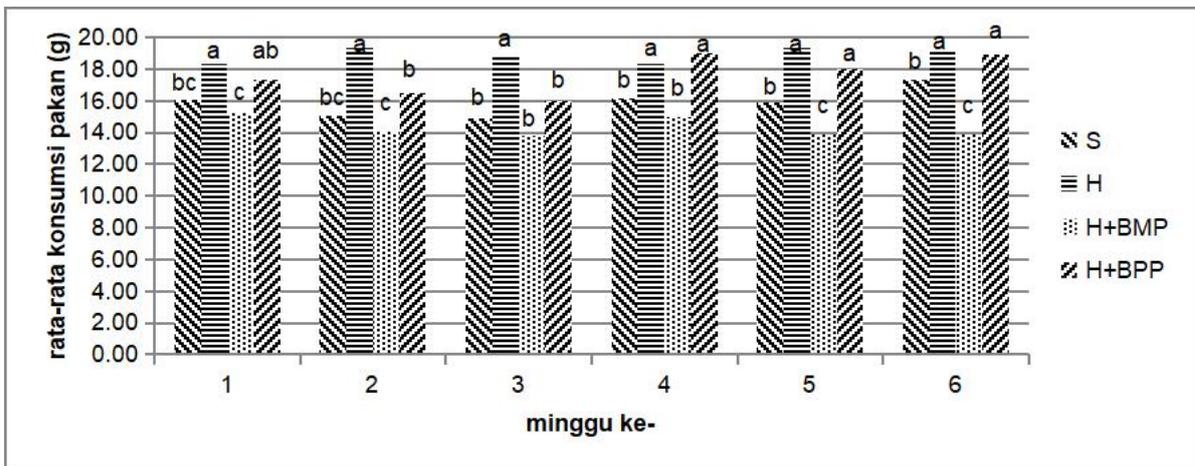
Efisiensi pakan pada semua kelompok tikus selama masa perlakuan ditampilkan pada Gambar 2. Nilai positif pada FCR menunjukkan adanya kenaikan berat badan, sedangkan nilai negatif pada FCR menunjukkan adanya penurunan berat badan. Dari hasil analisis data menunjukkan bahwa FCR pada kelompok S dan H+BMP bernilai positif. Hasil ini mengindikasikan bahwa pada kedua kelompok tikus tersebut mengalami kenaikan berat badan. Meskipun nilai FCR pada kedua kelompok terpaut 10,68 tetapi dari

hasil analisis data menunjukkan keduanya tidak berbeda nyata. Kenaikan berat badan pada kelompok H+BMP ini mengindikasikan adanya perbaikan kondisi tubuh tikus.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa FCR pada kelompok hiperglikemia dan hiperglikemia+BPPC bernilai negatif. Hasil ini mengindikasikan bahwa pada kedua kelompok tikus tersebut mengalami penurunan berat badan. Meskipun nilai FCR pada kedua kelompok terpaut 13,74 tetapi dari hasil analisis menunjukkan keduanya tidak berbeda nyata.

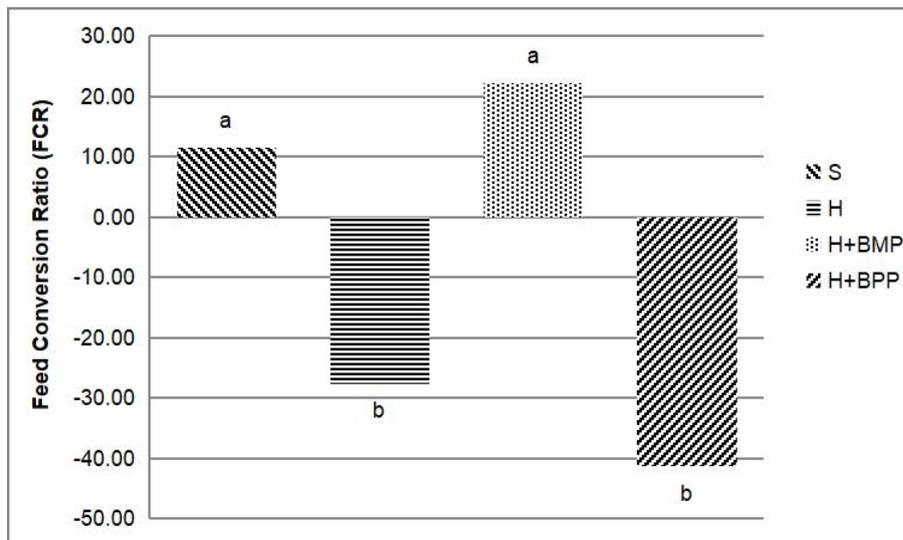
Glukosa Darah Puasa Tikus Selama Masa Perlakuan

Glukosa darah puasa tikus pada semua kelompok perlakuan diamati setiap minggu selama masa perlakuan dan ditampilkan pada Gambar 3. Konsentrasi glukosa darah puasa pada kelompok H+BMP signifikan menurun (57,95%), sedangkan pada kelompok H+BPP signifikan meningkat (4,16%) setelah enam minggu perlakuan.



Ket: Huruf berbeda pada minggu yang sama menunjukkan perbedaan signifikan p<0,05

Gambar 1
Rata-rata Konsumsi Pakan Tikus Selama Perlakuan



Ket: Huruf berbeda pada minggu yang sama menunjukkan perbedaan signifikan p<0,05

Gambar 2
Rata-Rata FCR tikus Semua Kelompok Perlakuan Selama Masa Perlakuan

Konsentrasi SCFAs Digesta Tikus

Konsentrasi SCFAs digesta tikus yang diamati terdiri dari asam asetat, asam propionat, dan asam butirat. Konsentrasi SCFAs digesta semua kelompok setelah enam minggu perlakuan ditampilkan pada Tabel 2. Secara umum, konsentrasi asam asetat, propionat, butirat, dan total SCFAs digesta kelompok H, H+BMP, dan H+BPP tidak berbeda nyata. Konsentrasi asam asetat, propionat, butirat, dan total SCFAs digesta kelompok S lebih besar ($p < 0.05$) dibanding kelompok H, H+BMP, dan H+BPP.

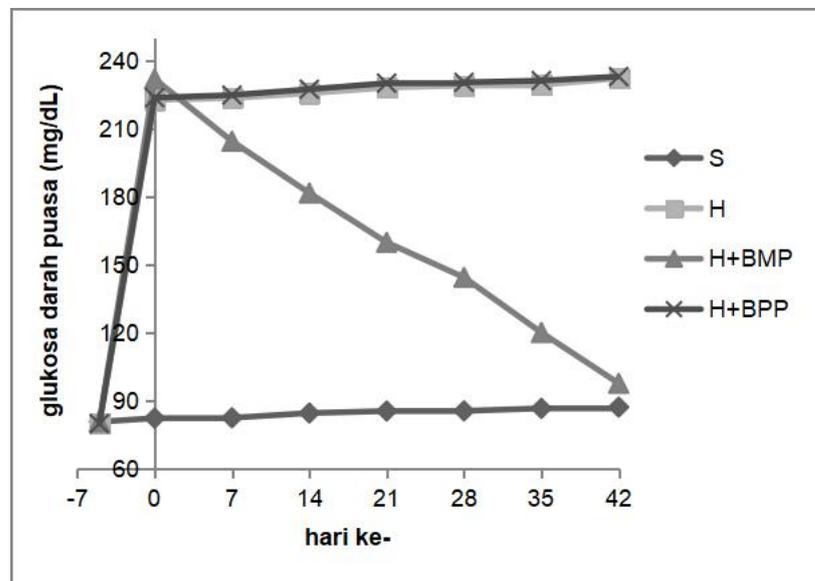
Populasi Lactobacillus dan E. coli Digesta Tikus pada Akhir Perlakuan

Pengamatan terhadap populasi Lactobacillus dan E. coli bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi BMP dan BPP terhadap perubahan komposisi mikrobial digesta pada tikus hiperglikemia. Populasi

Lactobacillus dan E.coli semua kelompok setelah enam minggu perlakuan ditampilkan pada Tabel 3. Secara umum, populasi Lactobacillus dan E. coli digesta kelompok H, H+BMP, dan H+BPP tidak berbeda nyata. Pada kelompok kontrol S, populasi Lactobacillus lebih besar ($p < 0.05$), sedangkan populasi E. coli lebih rendah ($p < 0.05$) dibanding kelompok H, H+BMP, dan H+BPP.

Konsentrasi FRAP pada Akhir Perlakuan

Pengukuran FRAP pada darah ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas antioksidan pada darah tikus. Konsentrasi FRAP semua kelompok setelah enam minggu perlakuan ditampilkan pada Gambar 4. Kapasitas antioksidan pada kelompok S terbukti lebih tinggi ($p < 0.05$) dibanding kelompok H, H+BMP, dan H+BPP. Kapasitas antioksidan kelompok H+BMP lebih tinggi dibanding kelompok H, H+BPP.



Gambar 3
Glukosa Darah Puasa Tikus Selama Masa Perlakuan

Tabel 2
Konsentrasi SCFAs Digesta Tikus Setelah Enam Minggu Perlakuan

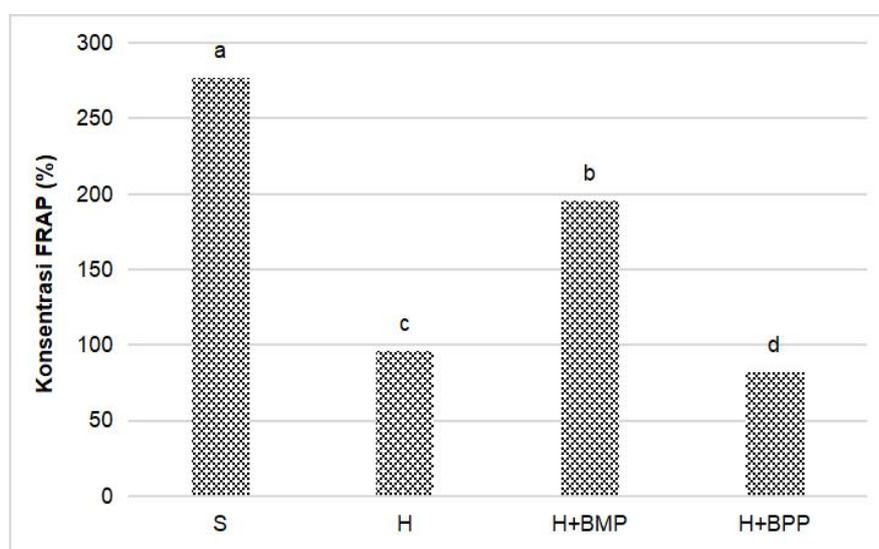
Kelompok perlakuan	Kadar SCFAs (mMol/L)			
	Asam asetat	Asam propionat	Asam butirat	Total SCFAs
S	103.58±12.46 ^a	37.93±3.89 ^a	19.59±4.24 ^a	161.10±15.13 ^a
H	68.62±7.65 ^b	21.69±1.80 ^b	11.83±1.73 ^{ab}	102.13±7.00 ^b
H+BMP	77.93±10.41 ^{ab}	26.43±3.44 ^b	12.79±1.64 ^{ab}	117.16±14.45 ^b
H+BPP	56.28±13.13 ^b	20.52±4.31 ^b	11.26±1.82 ^b	88.06±18.87 ^b

Ket: Nilai yang ditampilkan merupakan rata-rata ± standar error. Nilai rata-rata pada kolom yang sama dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan $p < 0,05$.

Tabel 3
Populasi Lactobacillus dan E. coli Digesta Tikus
Setelah Enam Minggu Perlakuan

Kelompok perlakuan	Populasi Mikrobiota (log CFU/g)	
	Lactobacillus	E. coli
S	8.52±0.11 ^a	8.36±0.03 ^b
H	7.34±0.15 ^b	8.78±0.15 ^a
H+BMP	7.82±0.32 ^b	8.48±.07 ^{ab}
H+BPP	7.69±0.09 ^b	8.78±0.17 ^a

Ket: Nilai yang ditampilkan merupakan rata-rata ± standar error.
 Nilai rata-rata pada kolom yang sama dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan p<0,05.



Ket: Huruf berbeda pada minggu yang sama menunjukkan perbedaan signifikan p<0,05

Gambar 4
Konsentrasi FRAP tikus setelah enam minggu perlakuan

BAHASAN

Konsumsi pakan tikus kelompok H+BMP tidak berbeda nyata dengan S. Konsumsi pakan tikus kelompok H+BMP setelah minggu ke-6 perlakuan signifikan lebih rendah (p<0.5) dibanding S (Gambar 1). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi BMP mampu memberi rasa kenyang lebih lama yang menandakan adanya penurunan kecepatan pencernaan pada tikus hiperglikemia. Hal ini didukung oleh kandungan serat dan RS BMP lebih tinggi dibanding BPP. Kandungan serat dan RS beras merah pratanak (7,96 %db dan 1,22%) lebih tinggi daripada beras putih (6,83%db dan 1,13%)²².

Efek kesehatan serat dan RS sangat berhubungan dengan sifat fisiologisnya yang menyebabkan viskositas digesta menjadi tinggi sehingga akan berdampak pada penurunan absorpsi glukosa²³. Serat pangan terbukti

dapat memodulasi dan mengurangi kecepatan pencernaan dan absorpsi melalui tiga mekanisme, yaitu penurunan kecepatan pengisian dan pengosongan usus; penghambatan aktivitas enzim pencernaan; serta penghambatan difusi dan absorpsi zat gizi, dan enzim pencernaan di dalam usus halus²⁴.

Pada penelitian ini terjadi penurunan berat badan pada kelompok H dan H+BPP yang ditunjukkan dengan FCR bernilai negatif (Gambar 2). Penurunan berat badan tersebut dapat terjadi karena adanya pemecahan simpanan protein dan lemak dalam tubuh melalui mekanisme glukoneogenesis dan lipolisis untuk memenuhi kebutuhan energi jaringan. Penelitian membuktikan bahwa tikus diabetes memenuhi energi melalui glukoneogenesis lipolisis yang ditandai dengan adanya peningkatan aktivitas enzim yang terlibat dalam kedua proses tersebut²⁵.

Peristiwa glukoneogenesis dan lipolisis tersebut secara otomatis akan menyebabkan penurunan berat badan.

Sementara itu, kenaikan berat badan justru terjadi pada kelompok H+BMP yang ditunjukkan dengan FCR bernilai positif (Gambar 2). Kenaikan berat badan pada kelompok H+BMP mengindikasikan perbaikan kondisi tubuh tikus. Perbaikan kondisi pada kelompok ini juga ditunjukkan dengan hasil pengukuran konsentrasi glukosa darah puasa tikus yang mengalami penurunan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah enam minggu perlakuan konsentrasi glukosa darah puasa pada kelompok H+BMP mengalami penurunan sebesar 57,95 persen (Gambar 3). Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana pemberian diet beras merah pada tikus hiperglikemia mampu menurunkan konsentrasi glukosa darah puasa sebesar 42,01 persen setelah enam minggu perlakuan²⁶.

Disisi lain, pemberian diet BPP selama enam minggu terbukti memperparah kondisi tikus hiperglikemia. Kondisi ini ditandai dengan terus meningkatnya konsentrasi glukosa darah pada kelompok H+BPP hingga akhir pengamatan sebesar 4,16 persen (Gambar 3). Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana konsumsi beras putih (3-4 porsi/hari) berhubungan dengan resiko kejadian diabetes tipe 2 pada populasi Asian (Cina dan Jepang).²⁷ Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode 4-22 tahun sekitar 13.284 partisipan dari total 352.384 menderita diabetes tipe 2²⁷.

Dari hasil penelitian terbukti bahwa pemberian BMP memiliki peran yang lebih baik dibandingkan diet BPP dalam penurunan konsentrasi glukosa darah puasa tikus hiperglikemia. Penurunan glukosa darah puasa tikus hiperglikemia dengan diet BMP kemungkinan didukung oleh kandungan RS yang lebih tinggi dan IG yang lebih rendah dibanding BPP. *Estimasi Glikemic Index* (EGI) beras merah pratanak (57,98) lebih rendah dibanding beras putih pratanak (65,14)²².

Penelitian membuktikan bahwa diet rendah IG^{1,2} dan diet mengandung RS³⁻⁵ dapat memperbaiki konsentrasi glukosa pada penderita diabetes tipe 2. Hasil penelitian membuktikan bahwa pemberian diet rendah IG menghasilkan glukosa darah yang lebih rendah pada penderita diabetes tipe 2 atau gangguan toleransi glukosa dibanding diet high IG¹.

Hasil penelitian membuktikan bahwa pemberian nasi tinggi RS selama empat minggu mampu menurunkan konsentrasi glukosa tikus *Wistar* diabetes meskipun secara statistik tidak berbeda nyata³. Konsumsi beras

yang mengandung RS selama empat minggu terbukti mampu menurunkan konsentrasi glukosa darah pasien prediabetes atau pasien terdiagnosis diabetes tipe 2.⁴ Selain itu, diet RS selama 4 minggu terbukti menurunkan konsentrasi glukosa darah pada tikus *Sprague-Dawley* diabetes sebesar 27,9%.⁵

Keberadaan RS yang cukup tinggi pada BMP juga berpotensi untuk difermentasi oleh mikrobiota kolon. *Resistant starch* merupakan *colonic food* yang dapat difermentasi menjadi *short chain fatty acids* (SCFAs) oleh mikrobiota dan dapat menstimulasi pertumbuhan serta metabolisme mikrobiota secara tidak spesifik sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikrobiota yang menguntungkan maupun yang berpotensi merugikan/patogen¹³.

Secara umum, hasil analisis data menunjukkan bahwa konsentrasi asam asetat, propionat, butirat, dan total SCFAs digesta tikus kelompok H, H+BMP, dan H+BPP tidak berbeda nyata (Tabel 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa RS yang terkandung pada BMP dan BPP terbukti tidak mampu meningkatkan konsentrasi SCFAs digesta tikus hiperglikemia. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa pemberian diet RS dari beras pada tikus tidak memberikan efek perubahan yang signifikan terhadap konsentrasi SCFAs seperti asam asetat, asam propionat, dan asam butirat²⁸.

Namun, hasil penelitian ini tidak sejalan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan. Suplementasi RS 3 pada makanan menghasilkan konsentrasi butirat dan propionat pada luminal dua kali lipat lebih besar dari kontrol.¹⁵ *Resistant starch* didegradasi secara sempurna dan meningkatkan konsentrasi SCFAs di sekum dan kolon babi.¹⁴ Pemberian diet tinggi RS selama tiga minggu menyebabkan peningkatan konsentrasi butirat sebesar 30 persen dan asetat sebesar 26 persen pada feses manusia¹⁶.

Hasil analisis data juga menunjukkan bahwa konsentrasi asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan total SCFAs digesta tikus kelompok S signifikan lebih tinggi ($p < 0.05$) dibanding kelompok H, H+BMP, dan H+BPP (Tabel 2). Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana konsentrasi asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan total SCFAs digesta tikus sehat lebih tinggi (39,9%, 31,3%, 26,5%, dan 36,4%) dibanding tikus diabetes²⁹.

Pada penelitian ini dilakukan penghitungan populasi *Lactobacillus* dan *E. coli* pada digesta tikus. Secara umum, hasil analisis data menunjukkan bahwa populasi

Lactobacillus dan *E. coli* digesta tikus kelompok H, H+BMP, dan H+BPP tidak berbeda nyata (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan bahwa RS yang terkandung pada BMP dan BPP terbukti tidak mampu menstimulasi pertumbuhan Lactobacillus dan *E. coli* pada tikus hiperglikemia. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana suplementasi RS 3 hasil retrogradasi pati kentang pada makanan selama lima bulan mampu meningkatkan populasi Lactobacillus dan Enterobacteria di sekum tikus.¹⁵ Selain itu, konsumsi RS 3 berupa retrogradasi pati tapioka pada babi selama dua minggu terbukti mampu menurunkan populasi *E. coli* sebesar 18,41 persen.¹⁴

Populasi Lactobacillus dan *E. coli* yang tidak berubah setelah enam minggu pemberian BMP dan BPP kemungkinan terjadi karena RS pada diet BMP dan BPP hanya dalam jumlah sedikit sehingga tidak mampu menstimulasi pertumbuhan bakteri Lactobacillus secara khusus, serta tidak mampu menstimulasi atau menekan pertumbuhan *E. coli*. Konsumsi RS secara tunggal tidak mampu meningkatkan populasi Lactobacillus pada sekum dan kolon tikus.¹⁸

Hasil analisis data juga menunjukkan bahwa populasi Lactobacillus digesta tikus kelompok S signifikan lebih tinggi ($p < 0.05$) dibanding kelompok H, H+BMP, dan H+BPP (Tabel 3). Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa populasi Lactobacillus digesta tikus sehat lebih tinggi (8,96%).²⁹

Perbaiki kondisi tikus hiperglikemia yang diberi diet BMP juga tercermin dari peningkatan hasil pengukuran kapasitas antioksidan darah (FRAP). Hasil analisis data menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan kelompok H+BMP lebih tinggi ($p < 0.05$) dibanding kelompok H dan H+BPP (Gambar 4). Peningkatan kapasitas antioksidan darah pada kelompok H+BMP mengindikasikan adanya perbaikan status antioksidan darah pada tikus hiperglikemia.

Perbaikan status antioksidan darah pada kelompok H+BMP kemungkinan dapat terjadi karena adanya kandungan dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada BMP dibanding BPP. Total fenolik, aktivitas DPPH, dan kapasitas FRAP beras merah pratanak sebesar 4,58 mg GAE/g, 29,55 mg eq vit C/g, dan 105,94 mol Fe(II)/100g secara berurutan³⁰, sedangkan beras putih pratanak sebesar 0,07 mg GAE/g; 1,92 mg eq vit C/g, dan 10,34 mol Fe(II)/100g.²²

Penelitian telah membuktikan bahwa konsumsi antioksidan seperti fenolik dan antosianin mampu memperbaiki status

antioksidan dan glukosa darah pada tikus diabetes. Pemberian ekstrak buah *Solanum torvum* (STMe) dengan dosis 200 dan 400 mg/kg selama 28 hari terbukti mampu menurunkan aktivitas TBARS (21,9% dan 28,1%); serta meningkatkan aktivitas SOD (21,5% dan 39,1%), CAT (11,0% dan 50,3%), dan GPx (37,8% dan 49,2%) darah tikus diabetes.⁶ Pemberian STMe juga mampu menurunkan glukosa darah tikus diabetes.

Selain keberadaan antioksidan, perbaikan status antioksidan darah kelompok H+BMP kemungkinan juga dapat terjadi karena adanya kandungan RS pada BMP. Dugaan ini didukung dengan hasil penelitian terdahulu yang membuktikan bahwa konsumsi nasi tinggi RS selama empat minggu mampu memperbaiki status antioksidan darah tikus hiperglikemia yang ditandai dengan menurunnya konsentrasi MDA darah, serta meningkatnya aktivitas SOD dan TRAP darah.³ Konsumsi RS selama empat minggu mampu memperbaiki status antioksidan darah tikus Sprague-Dawley diabetes yang ditandai dengan menurunnya konsentrasi MDA (13,7%) dan ROS darah (7,03%), serta meningkatnya konsentrasi GSH-Px (49,3%) dan SOD darah (56,1%) dibanding tikus sehat.⁵ Konsumsi diet beras yang mengandung RS selama empat minggu mampu meningkatkan status antioksidan darah penderita diabetes yang ditandai dengan menurunnya konsentrasi MDA darah dan meningkatnya aktivitas SOD darah.⁴

Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi glukosa darah puasa dengan parameter lain yang diukur pada kelompok H+BMP dan H+BPP. Hasil analisis data menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa darah puasa tikus kelompok H+BPP tidak signifikan berkorelasi positif dengan kapasitas antioksidan darah, konsentrasi asam asetat, asam propionat, asam butirat, total SCFAs, populasi Lactobacillus, dan *E. coli* digesta (0.026, 0.000, 0.071, 0.184, 0.038, 0.483, dan 0.162).

Sementara itu, hasil analisis data menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa darah puasa tikus kelompok H+BMP sangat berkorelasi negatif ($p < 0.01$) dengan kapasitas antioksidan darah (-0.991). Namun, hasil analisa data menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa darah puasa tikus kelompok ini juga berkorelasi negatif dengan konsentrasi asam asetat, asam propionat, asam butirat, total SCFAs, dan populasi Lactobacillus digesta (-0.217, -0.338, -0.103, -0.271, dan -0.397); serta berkorelasi positif dengan populasi *E. coli* digesta (0.480) meskipun tidak signifikan.

Penurunan glukosa darah puasa pada kelompok H+BMP diikuti dengan adanya peningkatan kapasitas antioksidan darah tetapi tidak diikuti dengan peningkatan konsentrasi SCFAs digesta. Oleh karena itu, mekanisme penurunan glukosa darah pada tikus kelompok ini kemungkinan tidak terjadi melalui mekanisme peningkatan konsentrasi SCFAs digesta.

Mekanisme penurunan konsentrasi glukosa darah puasa tikus kelompok H+BMP kemungkinan dapat terjadi akibat efek fisiologis dari RS dan serat yang terkandung dalam diet BMP yang mampu mengurangi kecepatan pencernaan dan absorpsi glukosa di usus. Hal ini didukung dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa konsumsi pakan tikus H+BMP yang lebih rendah dibanding kelompok lainnya khususnya setelah minggu ke-5 perlakuan. Selain kandungan RS dan serat, kandungan fenolik pada diet BMP kemungkinan juga dapat berperan dalam penurunan absorpsi glukosa di saluran pencernaan. Konsumsi fenolik terbukti mampu meningkatkan penghambatan terhadap enzim α -glukosidase. Enzim ini berperan dalam berperan dalam hidrolisis karbohidrat. Antioksidan beras merah memiliki kemampuan menghambat enzim α -glukosidase (IC50) sebesar > 1000mg/mL.³¹

Aktivitas penghambatan ini didukung oleh kandungan fenolik pada beras merah. Penelitian membuktikan bahwa terdapat hubungan negatif antara total fenolik beras dengan aktivitas penghambatan α -glukosidase.³¹ Penghambatan α -glukosidase akan berdampak pada penundaan pencernaan karbohidrat di dalam saluran pencernaan dan dapat digunakan sebagai terapi bagi penderita diabetes.³²⁻³⁴ Namun pada penelitian ini tidak dilakukan analisa kadar α -glukosidase untuk mengetahui aktivitas penghambatannya oleh fenolik.

Mekanisme penurunan konsentrasi glukosa darah puasa tikus kelompok BMP kemungkinan juga dapat terjadi melalui perbaikan status antioksidan darah tikus. Mekanisme ini didukung oleh adanya kandungan dan aktivitas antioksidan BMP yang cukup tinggi. Mekanisme ini juga didukung dengan kapasitas antioksidan darah (FRAP) yang tinggi pada tikus kelompok BMPC.

KESIMPULAN

Diet beras merah pratanak pada tikus hiperglikemia menyebabkan penurunan konsentrasi glukosa darah puasa dan peningkatan kapasitas antioksidan yang lebih baik dibanding diet beras putih pratanak.

Sementara itu, diet beras merah pratanak dan beras putih pratanak tidak berpengaruh terhadap populasi *Lactobacillus* dan *E. coli*, serta konsentrasi SCFAs digesta tikus hiperglikemia. Mekanisme penurunan glukosa darah pada tikus hiperglikemia dengan diet beras merah pratanak kemungkinan terjadi melalui penurunan pencernaan dan absorpsi glukosa di usus, serta penurunan kapasitas antioksidan darah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Yuli Yulianto (PSPG-UGM) atas bantuan yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.

RUJUKAN

1. Gellar L, Nansel TR. High and Low Glycemic Index Mixed Meals and Blood Glucose in Youth with Type 2 Diabetes or Impaired Glucose Tolerance. *J Pediatr*. 2009;154(3):455-458. doi:10.1016/j.jpeds.2008.09.040
2. Lai MWK, Lee Y, Chan CS, et al. Effect of Low Glycaemic Index Diet on Blood Glucose in Chinese Type 2 Diabetic Patients: Randomized Controlled Trial. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;106:S69. doi:10.1016/s0168-8227(14)70342-0
3. Shih CK, Chen SH, Hou WC, Cheng HH. A high-resistance-starch rice diet reduces glycosylated hemoglobin levels and improves the antioxidant status in diabetic rats. *Food Res Int*. 2007;40(7):842-847. doi:10.1016/j.foodres.2007.01.015
4. Kwak JH, Paik JK, Kim HI, et al. Dietary treatment with rice containing resistant starch improves markers of endothelial function with reduction of postprandial blood glucose and oxidative stress in patients with prediabetes or newly diagnosed type 2 diabetes. *Atherosclerosis*. 2012;224(2):457-464. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2012.08.003
5. Zhou ZK, Wang F, Ren XC, Wang Y, Blanchard C. Resistant starch manipulated hyperglycemia/hyperlipidemia and related genes expression in diabetic rats. *Int J Biol Macromol*. 2015;75:316-321. doi:10.1016/j.ijbiomac.2015.01.052
6. Gandhi GR, Ignacimuthu S, Paulraj MG. Solanum torvum Swartz. fruit containing phenolic compounds shows antidiabetic and antioxidant effects in streptozotocin induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol*. 2011;49(11):2725-2733. doi:10.1016/j.fct.2011.08.005

7. Eun HJ, Sung RK, In KH, Tae YH. Hypoglycemic effects of a phenolic acid fraction of rice bran and ferulic acid in C57BL/KsJ-db/db mice. *J Agric Food Chem.* 2007;55(24):9800-9804. doi:10.1021/jf0714463
8. Harini S. Perbedaan Nilai Indeks Glikemik Beras Hitam (*Oryza sativa* L. Indica), Beras Merah (*Oryza nivara*), dan Beras Putih (*Oryza sativa*). *Tesis.* Malang:Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
9. Widowati S, Astawan M. Penurunan Indeks Glikemik berbagai Varietas Beras Melalui Proses Pratanak. *J Penelit Pascapanen Pertan.* 2018;6(1):1-9. doi:10.21082/jpasca.v6n1.2009.1-9
10. Galuh A, Aprilia P F, Kohartono G, et al. Perbedaan Kandungan Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Tepung Beras Organik Varietas Lokal (Putih Varietas Cianjur, Merah Varietas Sodah, dan Hitam Varietas Jawa). In: Seminar Nasional: Menggagas Kebangkitan Komoditas Unggulan Lokal Pertanian Dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura. ; 2013:801-810.
11. Marsono Y. Pengaruh Pengolahan terhadap Pati Resisten Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* fa. *typica*) dan Pisang Tanduk (*Musa paradisiaca* fa. *corniculata*). *Agritech.* 2002;22(2):56-59.
12. Lubijarsih MA. Pengaruh Berbagai Proses Pengolahan terhadap Kadar Resistent Starch (RS) dan Indeks Glikemik Uwi (*Dioscorea alata* LINN). *Tesis.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2001.
13. Gibson GR, Beatty ER, Wang XIN, Cummings JH. Oligofructose and Inulin. *Gastroenterology.* 1995;108(4):975-982.
14. Haenen D, Zhang J, da Silva CS, et al. A diet high in resistant starch modulates microbiota composition, SCFA concentrations, and gene expression in pig intestine1-3. *J Nutr.* 2013;143(3):274-283. doi:10.3945/jn.112.169672
15. Kleessen B, Stoof G, Schmiel D, Noack J, Blaut M. Feeding Resistant Starch Affects Fecal and Cecal Microflora and Short-Chain Fatty Acids in Rats. *J Anim Sci.* 1997;75(9):2453-2462.
16. Phillips J, Muir JG, Birkett A, et al. Effect of resistant starch on fecal bulk and fermentation-dependent events in humans. *Am J Clin Nutr.* 1995;62:121-130.
17. Yadav H, Lee JH, Lloyd J, Walter P, Rane SG. Beneficial metabolic effects of a probiotic via butyrate-induced GLP-1 hormone secretion. *J Biol Chem.* 2013;288(35):25088-25097. doi:10.1074/jbc.M113.452516
18. Rodríguez-Cabezas ME, Camuesco D, Arribas B, et al. The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. *Clin Nutr.* 2010;29(6):832-839. doi:10.1016/j.clnu.2010.05.005
19. Szkudelski T. Streptozotocin-nicotinamide-induced diabetes in the rat. Characteristics of the experimental model. *Exp Biol Med.* 2012;237(5):481-490. doi:10.1258/ebm.2012.011372
20. Anwer T. Melatonin ameliorates hyperinsulinemia, glucose intolerance and insulin resistance in STZ-nicotinamide induced type 2 diabetic rats. *Int J Pharm Pharm Sci.* 2014;6(2):133-136.
21. Benzie IF, Strain J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. *Anal Biochem.* 1996;239:70-76. doi:10.1039/c6ay01739h
22. Kristanti D. Perbandingan Efek Diet Beras Merah (Mendel Handayani dan Beras Putih (IR64) Precooked pada Kadar Glukosa Darah, Antioksidan Darah, Profil Mikrobiota, dan Short Chain Fatty Acids (SCFAs) Digesta Tikus Wistar Hiperglikemia. *Tesis.* Yogyakarta: Univ. Gadjah Mada, 2015.
23. Marsono Y. Prospek Pengembangan Makanan Fungsional. *J Teknol Pangan dan Gizi.* 2008;7(1):19-27. [sitasi 20 Januari 2020] Dalam: http://elearning.unsri.ac.id/pluginfile.php/635/mod_forum/attachment/23137/ipi113801.pdf
24. Marsono Y. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar: Serat Pangan Dalam Perspektif Ilmu Gizi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2004.
25. Eprintsev AT, Shevchenko MI, Popov VN. Carbohydrate metabolism in the liver of rats in food deprivation and experimental diabetes. *Izv Akad Nauk Ser Biol.* 2008;35(1):115-118. doi:10.1134/s1062359008010159
26. Nurhidajah N, Nurrahman N. Efek Hipoglikemik Kecambah Beras Merah pada Tikus yang Diinduksi STZ-NA dengan Parameter Kadar Insulin, Indeks HOMA-IR dan HOMA β (Hypoglycemic Effect of Red Rice Germ on Insulin Levels, HOMA-IR, and HOMA β Index of STZ-NA Induced Rats). *Agritech.* 2016;36(4):433. doi:10.22146/agritech.16767
27. Hu EA, Pan A, Malik V, Sun Q. White rice consumption and risk of type 2 diabetes: Meta-analysis and systematic review. *BMJ.* 2012;344(7851):1-9. doi:10.1136/bmj.e1454

28. Kim WK, Chung MK, Kang NE, Kim MH, Park OJ. Effect of resistant starch from corn or rice on glucose control, colonic events, and blood lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Nutr Biochem.* 2003;14(3):166-172. doi:10.1016/S0955-2863(02)00281-4
29. Nurdyansyah F. Karakteristik Mikrobiologis, Fisik dan kimia Digesta Tikus Diabetes Induksi STZ-NA yang diberi Diet Kefir Kombinasi Susu Kambing dan Susu Kedelai. *Tesis.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2014.
30. Pratiwi VN. Efek Proses Pra-Pemasakan Terhadap Kandungan Pati Resisten, Kadar Amilosa, Indeks Glikemik, Fenolik. *J Gizi KH.* 2018;1(1):14-20.
31. Yao Y, Sang W, Zhou M, Ren G. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of colored grains in China. *J Agric Food Chem.* 2010;58(2):770-774. doi:10.1021/jf903234c.
32. Matsui T, Ueda T, Oki T, Sugita K, Terahara N, Matsumoto K. α -Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 2. α -Glucosidase inhibition by isolated acylated anthocyanins. *J Agric Food Chem.* 2001;49(4):1952-1956. doi:10.1021/jf0012502.
33. Matsui T, Ueda T, Oki T, Sugita K, Terahara N, Matsumoto K. α -glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 1. Survey of natural pigments with potent inhibitory activity. *J Agric Food Chem.* 2001;49(4):1948-1951. doi:10.1021/jf001251u.
34. Matsui T, Ebuchi S, Kobayashi M, Fukui K, Sugita K, Terahara N, et al. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from Ipomoea batatas cultivar Ayamurasaki can be achieved through the alpha-glucosidase inhibitory action. *J Agric Food Chem.* 2002;50(25):7244-7248.

[dikosongkan]