

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

N. Nurhidajah, N. Nurrahman

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Semarang,
Jl. Kedung Mundu Raya No. 22 Semarang 50273, Indonesia
Email: nurhidajah@unimus.ac.id

Submisi: 4 Maret 2015; Penerimaan: 1 Juni 2016

ABSTRAK

Proses perkecambahan biji-bijian seperti beras dapat meningkatkan beberapa nilai gizi seperti asam amino dan serat pangan. Beras merah dan kecambahnya diyakini mampu menurunkan glukosa darah pada penderita diabetes melitus (DM). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi efek hipoglikemik kecambah beras merah pada tikus diabetes yang diinduksi STZ-NA terhadap kadar glukosa darah, insulin, serta indeks HOMA-IR dan HOMA β . Penelitian ini bersifat eksperimental *in vivo* pada hewan coba tikus *Wistar* jantan usia 10 minggu sebanyak 24 ekor dengan desain penelitian *randomized post test only control group*. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok, masing-masing 1 kelompok tanpa induksi STZ-NA dengan diet standar dan 3 kelompok diinduksi STZ-NA dengan diet standar, beras merah dan kecambah beras merah. Percobaan dilakukan selama 6 minggu. Hasil penelitian menunjukkan kecambah beras merah mampu menurunkan kadar glukosa darah sebesar 61,88 % dan nilai HOMA-IR (parameter resistensi insulin) 56,82 %. Kadar insulin meningkat 16,35 % dan HOMA β 763,6 %. Disimpulkan, kecambah beras merah mampu menurunkan kadar glukosa darah dan kondisi resistensi insulin tikus DM, dan meningkatkan sel beta pankreas.

Kata kunci: HOMA-IR; HOMA β ; hipoglikemik; insulin; kecambah beras merah

ABSTRACT

The process of germination of grains such as rice could increase some nutritional values of amino acids and dietary fiber. Red rice and its sprouts are believed to be able to decrease blood glucose in patients with diabetes mellitus (DM). The aim of this study was to evaluate the hypoglycemic effect of red rice sprouts in STZ-NA induced diabetic rats on blood glucose level, insulin level, and HOMA-IR and HOMA- β index. This experimental study was conducted based on randomized post test only control group design using 24 male Wistar rats aged 10 weeks. Rats were divided into 4 groups, one group without induction of STZ-NA fed with a standard diet (control) and three groups of STZ-NA induced with a standard diet, red rice and red rice germ. Experiments were conducted for 6 weeks. The results showed that sprouted red rice lowered blood glucose levels by 61.88 % and the value of HOMA-IR (insulin resistance parameters) by 56.82%. Insulin level increased by 16.35 % and HOMA- β by 763.6 %. This study showed that red rice germ was able to decrease blood glucose levels and insulin resistance of DM rats and increase strength of the pancreatic beta cells.

Keywords: HOMA-IR; HOMA β ; hypoglycemic; insulin; red rice germ

PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus (DM) adalah suatu kelainan metabolik yang ditandai kondisi hiperglikemia dengan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak dan protein. Gangguan metabolisme ini merupakan akibat dari kelainan sekresi insulin, aktivitas insulin, atau keduanya, serta perubahan yang progresif terhadap struktur histopatologi pankreas (WHO, 1999). Menurut data BPS (2015), prevalensi penyandang DM di Indonesia tahun 2013 pada usia produktif mencapai 2,1 % dari total penduduk Indonesia. Salah satu penyebab tingginya prevalensi DM di Indonesia adalah perilaku hidup yang tidak sehat, termasuk pola makan tinggi karbohidrat, lemak, rendah serat, dan aktivitas fisik yang tidak seimbang. Depkes (2005) melaporkan bahwa penyandang DM di kalangan remaja dan anak-anak mulai meningkat populasinya.

Beras merupakan makanan pokok yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, terutama beras putih sosoh. Beras merah kurang banyak dikonsumsi karena sifatnya yang pera. Suardi (2005) dan Zhang dkk. (2010) menyatakan bahwa hambatan utama penerimaan nasi merah adalah tekstur yang kasar dan rasa tidak enak, meskipun kandungan gizinya lebih tinggi terutama protein dan bersifat hipoglikemik. Menurut Kristanti (2015) kandungan serat pangan beras merah dan beras putih *precooked* berturut-turut 7,96 dan 6,83 % db. Serat pangan dapat mempengaruhi Indeks Glikemik (IG) dengan cara menghambat secara fisik pada pencernaan dan aktivitas enzim sehingga laju makanan pada saluran pencernaan diperlambat. Hal ini menyebabkan respon glukosa darah menjadi rendah sehingga IG-nya cenderung lebih rendah (Arif dkk., 2013; Rimbawan dan Siagian, 2004).

Nishimune dkk. (1991) menyampaikan bahwa serat pangan larut dapat menurunkan kadar gula darah secara signifikan, sedangkan serat pangan tidak larut mempertebal kerapatan campuran makanan dalam saluran pencernaan dan menghambat aktifitas enzim α -glukosidase sehingga memperlambat proses pencernaan (Brennan, 2005). Rimbawan dan Siagian (2004) menambahkan bahwa efek fisiologis serat diperkirakan mempengaruhi pengaturan energi, oleh karena itu tingginya serat dalam diet efektif menurunkan energi, terutama serat larut. Weickert dan Pfeiffer (2008) menyampaikan bahwa serat pangan dapat menurunkan glukosa postprandial yang berkaitan dengan kemampuannya membentuk larutan kental sehingga menghambat penyerapan gula di saluran pencernaan.

Silalahi dan Hutagalung (2008) menyampaikan beberapa mekanisme sifat hipoglikemik serat terlarut diantaranya dengan peningkatan viskositas dalam saluran pencernaan yang dianggap sebagai faktor utama yang mempengaruhi kecepatan penyerapan glukosa. Kayahara (2000) menyatakan bahwa beras kecambah mengandung serat

yang lebih tinggi dibanding beras pecah kulit biasa. Selain itu, kandungan asam amino esensial lisin menjadi tiga kali lipat, bahkan *gamma-aminobutyric acid* (GABA) naik menjadi sepuluh kali lipat, begitu pula asam amino lainnya. Hasil penelitian Nurhidajah dan Nurrahman (2013) menunjukkan hal yang sama bahwa ada peningkatan beberapa asam amino pada beras merah yang dikecambahkan, diantaranya alanin (Ala), arginin (Arg), fenilalanin (Phe), isoleusin (Ile), leusin (Leu) dan lisin (Lys). Diet beras merah yang dikecambahkan berguna untuk mengontrol kadar glukosa darah dan berkontribusi dalam mengatasi efek buruk diabetes neuropati (Hsu dkk., 2008; Usuki dkk., 2007). Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana kecambah beras merah dapat memperbaiki kondisi glikemik tikus diabetes. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efek kecambah beras merah dalam memperbaiki sifat glikemik tikus diabetes tipe 2 melalui evaluasi terhadap parameter kadar insulin, indeks HOMA-IR dan HOMA β .

METODE PENELITIAN

Desain, Waktu, dan Tempat

Penelitian ini bersifat eksperimental menggunakan hewan percobaan tikus *Wistar* jantan. Desain penelitian yang digunakan adalah *randomized posttest only control group*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Juni 2014. Uji *in vivo* menggunakan hewan coba dilakukan di Laboratorium Pangan dan Gizi, Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beras merah varietas Mandel Handayani dari Gunung Kidul, reagen GOD-PAP (Glucose Oksidase-Phenol Amino peroksidase), pakan standar AIN 93 *maintenance* meliputi maizena, kasein, sukrosa, minyak kedelai, agar-agar (serat), *mineral mix*, *vitamin mix*, L-sistin, kolin bitartrat, Streptozotocin (STZ) (Nacalai Tesque, USA), *Nicotinamide* (Na), Rat Elisa Insulin kit merk DRG no katalog EIA 2048.

Perkecambahan Beras Merah (Nurhidajah dan Nurrahman, 2013)

Perkecambahan beras merah dilakukan dengan merendam gabah beras merah dalam air dengan perbandingan air:gabah = 1:1. Perendaman dilakukan pada suhu kamar selama 12 jam kemudian ditiriskan. Selanjutnya gabah ditebar pada baki plastik dengan alas kain flanel lembab dan ditutup lagi dengan kain flanel yang telah dibasahi. Dilakukan penyiraman dengan air setiap 6 jam. Perkecambahan terjadi

dalam waktu 48 jam. Selanjutnya kecambah ditiriskan dan dikeringkan dengan kabinet pada suhu 50 °C selama 5 jam. Gabah kecambah yang telah kering, dipecahkan kulitnya menggunakan *huller*. Beras merah pecah kulit ditepungkan dengan kehalusan 60 mesh.

Hewan Percobaan

Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih galur Wistar jantan sebanyak 24 ekor dengan umur 10 minggu. Hewan coba diperoleh dari peternakan hewan coba di Boyolali. Penelitian dilengkapi surat keterangan kelaikan etik nomor: 182/KEC-LPPT/IX/2014 yang dikeluarkan oleh Komisi *Ethical Clearance* Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT), UGM.

Induksi Hewan Percobaan Menggunakan STZ-Na (Sharma dkk., 2011)

Tahap percobaan meliputi aklimatisasi sebelum induksi selama 5 hari kemudian kelompok yang akan diinjeksi dipuasakan 1 malam. Keesokannya tikus diinjeksi STZ-Na dengan dosis tunggal STZ 65 mg/kg (dilarutkan dalam 0,1 mol/L bufer sitrat pH 4,5 dan Na 230 mg/Kg BB). Post induksi, tikus diaklimatisasi kembali selama 5 hari. Tikus dinyatakan diabetes, bila kadar glukosa darah >200 mg/dL (Anwer, 2014).

Pengelompokan Hewan Percobaan dan Intervensi

Tikus dibagi menjadi 4 kelompok, tiap kelompok terdiri dari 6 ekor tikus.

1. Normal: tikus sehat (tanpa induksi STZ-NA) diberi diet pakan standar AIN 93M.
 2. DM: tikus diinduksi STZ-NA (DM) diberi pakan standar AIN 93M.
 3. BM: tikus DM diberi diet tepung beras merah.
 4. Kecambah BM: tikus DM diberi diet tepung kecambah beras merah
- Intervensi dilakukan selama 6 minggu.

Komposisi Pakan Hewan Percobaan

Komposisi pakan masing-masing kelompok hewan percobaan dihitung berdasarkan banyaknya protein dan kalori dipaparkan pada Tabel 1.

Pengukuran Kadar Glukosa Puasa Metode “GOD-PAP” (Enzimatik-Fotometrik)

Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan sebelum dan sesudah induksi dan selama intervensi diuji glukosa darah per minggu. Kadar insulin dilakukan setelah perlakuan. Kadar glukosa puasa ditentukan dengan metode enzimatik *Glucose Oxidase-Phenol 4-Aminoantipirin* (GOD-PAP). Penentuan

Tabel 1. Komposisi pakan per kelompok hewan coba

Bahan	Kelompok			
	Normal pakan standar	Pakan standar	Beras merah	Kecambah beras merah
Maizena	62,1	62,1	20	0
Tepung beras merah (BM)	0	0	62,7	0
Tep kecambah BM	0	0	0	88,9
Kasein	14	14	7,9	5,4
Sukrosa	10	10	15	10
Minyak kedelai	4	4	2,7	2,1
Serat	5	5	0	0
Mineral mix	3,5	3,5	3,5	3,5
Vitamin mix	1	1	1	1
L-Sistin	0,18	0,18	0,18	0,18
Kolin bitartrat	0,25	0,25	0,25	0,25
Total (g)	100,4	100,4	114,8	111,33
Kkal	361,9	361,9	361,4	361,8

kadar glukosa serum/plasma dilakukan menggunakan kit analisis dari Dia Sys yang terdiri dari larutan standar dan reagen. Serum sebanyak 10 µL ditambah dengan reagen GOD-PAP sebanyak 1.000 µL, kemudian dihomogenkan. Larutan diinkubasi pada suhu kamar selama 20 menit pada suhu 20-25 °C, kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 500 nm. Kadar glukosa dihitung menggunakan rumus:

$$Glukosa\ darah\ \left(\frac{mg}{dL}\right) = \frac{\Delta\ sampel}{\Delta\ standar} \times kadar\ standar \quad (1)$$

Pengukuran Kadar Insulin Puasa (Adriawan dkk., 2014)

Kadar insulin puasa ditentukan dengan ELISA kit merk DRG dengan No. katalog EIA 2048. Serum dan kalibrator sebanyak masing-masing 10 µL dimasukkan ke dalam sumuran. *Enzyme conjugate buffer* 1× sebanyak 100 µL ditambahkan ke tiap-tiap sumuran. Larutan dalam sumuran dibuang dengan membalikkan *microplate*, lalu ditambah 350 µL larutan pencuci ke tiap-tiap sumuran. Larutan pencuci dibuang dengan cara *microplate* dihentakkan di atas kertas tissue. Pencucian dilakukan 6 kali. Selanjutnya, ditambahkan 200 µL substrat 3,3',5,5'-*Tetramethylbenzidine* (TMB) ke tiap sumuran dan diinkubasi 15 menit pada suhu ruang. *Stop solution* 50 µL ditambahkan ke tiap sumuran, dikocok selama 5 detik dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 450 nm. Kadar insulin dinyatakan dalam satuan µg/L.

Pengukuran HOMA-IR dan HOMA β (Hirata dkk., 2009)

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{kadar glukosa darah puasa (mg/dL)} \times \text{kadar insulin pua (ng/mL)}}{405} \quad (2)$$

$$\text{HOMA } \beta = \frac{(360 \times \text{kadar insulin (ng/mL)})}{\text{kadar glukosa darah puasa (mg/dL)} - 63} \quad (3)$$

Analisis Statistik

Hasil yang diperoleh diolah menggunakan SPSS Statistik 21. Uji Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk untuk menentukan normal tidaknya distribusi data. Data terdistribusi normal, diuji menggunakan uji *One Way* ANOVA dan dilanjutkan uji LSD. Data yang tidak terdistribusi normal, diuji Kruskal-Wallis dengan uji lanjut Mann Whitney.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Glukosa Darah

Hasil pengukuran kadar glukosa darah setelah intervensi selama 6 minggu dibandingkan sebelum dan setelah induksi STZ-NA dipaparkan pada Tabel 2.

Uji statistik kadar glukosa darah pada perlakuan 6 minggu, menunjukkan $p = 0,000$ yang berarti ada pengaruh yang sangat signifikan antara perlakuan pakan terhadap kadar glukosa darah hewan coba. Uji lanjut Mann Whitney menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan, kecuali pada perlakuan normal dengan kelompok kecambah beras merah. Hal ini menunjukkan pemberian kecambah beras merah dapat menurunkan kadar glukosa darah seperti kondisi kelompok tikus normal.

Kadar glukosa darah tikus DM setelah induksi STZ-NA mengalami peningkatan di atas 200 mg/dl pada semua kelompok. Keadaan ini tergolong hiperglikemia yang ditandai dengan kadar glukosa diatas normal. STZ menyebabkan kerusakan pada sel beta Langerhans pankreas yang berakibat

menurunnya sekresi insulin sehingga menimbulkan DM. Menurut Taguchi (1985), tikus putih galur SD jenis kelamin jantan mempunyai kadar glukosa darah normal $105,2 \pm 14,2$ mg/dl.

Setelah intervensi selama 6 minggu, kadar glukosa darah pada kelompok tikus DM yang diberi ransum beras merah dan kecambah beras merah mengalami penurunan masing-masing mencapai 57,99 % dan 61,88 %. Hal ini disebabkan kandungan serat pangan yang cukup tinggi pada beras merah dan kecambah. Santoso (2011) menyatakan serat pangan mampu menyerap air dan mengikat glukosa, sehingga mengurangi ketersediaan glukosa. Diet cukup serat juga menyebabkan terjadinya kompleks karbohidrat dan serat, sehingga daya cerna karbohidrat berkurang. Keadaan tersebut mampu meredam kenaikan glukosa darah dan menjadikannya tetap terkontrol. Selain serat, antosianin pada beras merah berfungsi antihiperlikemik. Suda dkk. (2003) berpendapat bahwa tikus hiperglikemik yang diberi antosianin dari ubijalar Ayamurasaki (100 mg/kg) mampu menurunkan kadar glukosa darah 16,5 % setelah 30 menit, dibanding perlakuan kontrol. Hal ini karena terdapatnya antihiperlikemik efek dari antosianin, dengan menghambat aktivitas enzim α-glukosidase dalam menghasilkan glukosa. Seki dkk. (2005) menjelaskan bahwa pemberian kecambah beras merah pada tikus diabetes dapat menurunkan kadar glukosa darah dibandingkan dengan pemberian diet beras putih. Kandungan serat pangan larut meningkatkan viskositas dalam saluran usus, sehingga menekan difusi glukosa sebagai akibat molekul pati dan enzim terlapsi, yang akhirnya aktivitas amilase terhambat. Kandungan serat kecambah mencapai 10,76 % (Nurhidajah dan Nurrahman, 2013). Serat pangan dapat meningkatkan viskositas dalam saluran pencernaan, sehingga menjadi faktor utama yang mempengaruhi kecepatan penyerapan glukosa (Maulida dan Estiasih, 2014).

Tabel 2. Rata-rata kadar glukosa darah tikus setelah perlakuan 6 minggu

Kelompok hewan coba	Kadar glukosa darah (mg/dl)		
	Sebelum induksi STZ-NA	Setelah induksi STZ-NA (sebelum perlakuan pakan)	Setelah perlakuan (setelah perlakuan 6 minggu)
Normal	80,44 ± 3,32	81,39 ± 2,91 ^a	87,27 ± 2,42 ^a
DM	79,68 ± 2,99	222,57 ± 9,60 ^b	232,22 ± 4,52 ^b
Beras merah (BM)	80,23 ± 1,61	232,09 ± 11,17 ^b	97,51 ± 3,23 ^c
Kecambah BM	78,24 ± 3,18	222,76 ± 11,07 ^b	84,91 ± 2,49 ^a
<i>p</i>	0,554	0,003	0,000

Keterangan: Uji statistik sebelum induksi menggunakan anova, setelah induksi dan setelah perlakuan menggunakan Kruskal Wallis. Data ditampilkan sebagai rata-rata ± simpangan baku

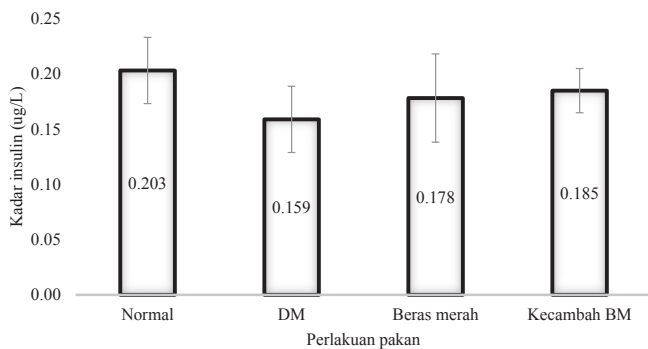
Kadar Insulin setelah Perlakuan 6 Minggu

Peningkatan glukosa darah (hiperglikemia) dan asam lemak bebas menstimulasi terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS), *reactive nitrogen species* (RNS), dan stress oksidatif (Banerjee, 2014). Hal tersebut dapat mengganggu fungsi sel beta pankreas dan resistensi insulin sehingga dapat memperburuk kondisi diabetes (Arifin dkk., 2003). Kadar insulin setelah intervensi selama 6 minggu dipaparkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan nilai terendah pada kelompok tikus DM dibandingkan kelompok yang lain. Proses perkecambahn dapat meningkatkan beberapa asam amino yang mampu menstimulasi sekresi insulin (Newsholme dkk., 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan kadar insulin (sebanyak 16,35 %) pada kelompok tikus yang diberi pakan kecambah beras merah dibandingkan kelompok tikus diabetes. Selama proses perkecambahan beras merah terjadi peningkatan pemecahan protein menjadi beberapa asam amino yang merupakan penstimulasi sekresi insulin, seperti alanin (Ala), arginin (Arg), fenilalanin (Phe), isoleusin (Ile), leusin (Leu) dan lisin (Lys) (Nurhidajah dan Nurrahman, 2013). Defisiensi insulin dapat disebabkan karena penurunan kemampuan insulin di jaringan perifer (*insulin resistance*) serta disfungsi sel beta yang berakibat pankreas tidak mampu memproduksi insulin yang cukup untuk mengkompensasi insulin resisten (Sacks, 2001).

Resistensi Insulin (HOMA-IR)

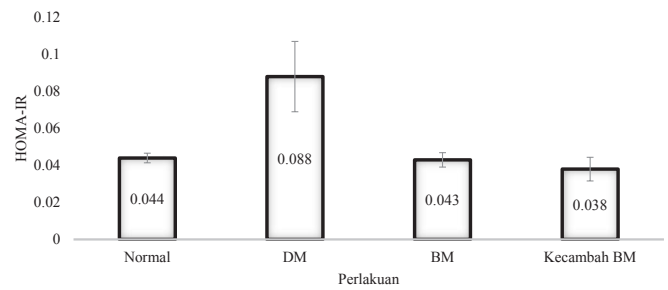
Resistensi insulin merupakan kondisi klinis yang menunjukkan rendahnya potensi insulin endogen dan eksogen



Gambar 1. Rata-rata kadar insulin hewan coba

Keterangan :

- Normal : kelompok tikus tanpa induksi STZ-NA dengan pakan standar AIN 93
- DM : kelompok tikus diinduksi STZ-NA dengan pakan standar AIN 93
- Beras merah (BM): kelompok tikus diinduksi STZ-NA dengan pakan beras merah
- Kecambah BM : Kelompok tikus diinduksi STZ-NA dengan pakan kecambah beras merah



Gambar 2. Rata-rata nilai HOMA-IR pada hewan coba

untuk meningkatkan pengambilan dan penggunaan glukosa oleh sel-sel tubuh. Pengujian HOMA-IR dilakukan dengan mengalikan kadar insulin dengan glukosa puasa dibagi 405. Nilai rata-rata HOMA-IR dengan perlakuan pakan yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.

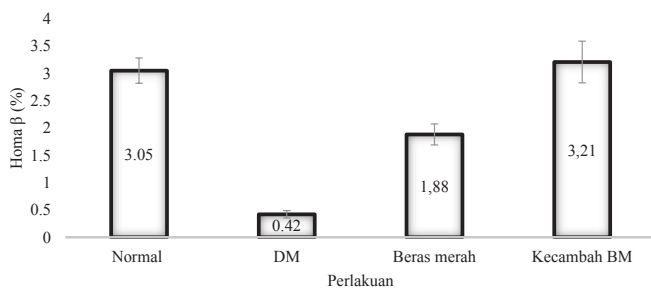
Hasil penelitian menunjukkan nilai resistensi insulin (HOMA-IR) tertinggi pada tikus DM dengan pakan standar dan terendah pada kelompok pakan kecambah beras merah. Beras merah dan kecambahnya mampu menurunkan resistensi insulin berturut-turut sebanyak 51,14 % dan 56,82 %, meskipun tidak terjadi secara nyata ($p = 0,079$).

Menurut Kayahara dkk. (2000) beras kecambah mengandung serat yang lebih tinggi dibanding beras pecah kulit biasa. Hasil analisis serat pangan pada beras merah sampel adalah 7,98 % dan mengalami peningkatan menjadi 10,76 % pada kecambahnya (Nurhidajah dan Nurrahman, 2013). Peningkatan serat pangan dalam diet mempengaruhi reduksi resistensi insulin (Sardesai, 2003).

Lee (2006) menyatakan resistensi insulin menyebabkan penggunaan glukosa yang dimediasi oleh insulin di jaringan perifer menjadi berkurang. Dalam kondisi kekurangan insulin dapat menyebabkan kegagalan fosforilasi kompleks *Insulin Receptor Substrate* (IRS), penurunan translokasi GLUT-4 dan oksidasi glukosa yang menyebabkan glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel (hanya tinggal di dalam darah) (hiperglikemia) (Wiliams, 2002). Semakin tinggi nilai Homa-IR (pada kelompok tikus DM), maka pengambilan dan penggunaan glukosa oleh sel-sel tubuh terganggu, akibatnya kadar glukosa dalam darah meningkat.

HOMA β

HOMA β merupakan salah satu indikator untuk mengukur tingkat kekuatan sel beta pankreas yang memproduksi insulin. Semakin besar nilai HOMA β, tingkat kekuatan sel beta semakin baik. Nilai HOMA β dipaparkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata nilai HOMA β pada hewan coba

Gambar 3 menunjukkan kelompok tikus DM memiliki HOMA β paling rendah dibandingkan kelompok lainnya, sedangkan kelompok tikus yang diintervensi pakan kecambah beras merah mempunyai nilai HOMA β yang hampir sama dengan kelompok tikus normal. Hal ini membuktikan bahwa kecambah beras merah mampu memperbaiki tingkat kekuatan sel beta pankreas pada tikus DM mencapai 7,6 kali dibandingkan pakan standar.

KESIMPULAN

Diet kecambah beras merah selama 6 minggu mampu menurunkan kadar glukosa darah dan HOMA-IR sebesar 56,82 % serta meningkatkan kadar insulin dan HOMA β sebesar 763,6 %. Kecambah beras merah mampu menurunkan kadar glukosa darah dan HOMA-IR, serta meningkatkan kadar insulin dan HOMA β tikus diabetes yang diinduksi STZ. Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan sebagai diet bagi penyandang diabetes.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Bersaing tahun anggaran 2014-2015.

DAFTAR PUSTAKA

Anwer, T. (2014). Melatonin ameliorates hyperinsulinemia, glucose intolerance and insulin resistance in STZ-Nicotinamide induced type 2 diabetic rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* **6**(2): 133-136.

Arif, A.B., Budiyo, A. dan Hoerudin (2013). Nilai indeks glikemik produk pangan dan faktor-faktor yang memengaruhinya. *Jurnal Litbang Pertanian* **32**(3): 91-99.

Arifin, H., Delvita, V. dan Almahdy (2003). Pengaruh pemberian vitamin C terhadap fetus pada mencit diabetes. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi* **12**: 32-40.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI (2013). Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2013.

Banerjee, M. dan Vats, P. (2014). Reactive metabolites and antioxidant gene polymorphisms in Type 2 diabetes mellitus. *Indian Journal of Human Genetics*, **20** (1): 10-19.

BPS. (2015). Infodatin. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. ISSN 2442-7659.

Brennan, C.S. (2005). Dietary fibre, glycaemic response and diabetes. *Molecular Nutrition and Food Research* **49** (7): 560-570.

Departemen Kesehatan RI, Direktorat Bina Farmasi Komunitas dan Klinik Direktorat Jenderal Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan (2005). Pharmaceutical Care untuk Penyakit Diabetes Mellitus. http://www.academia.edu/8193501/pharmaceutical_care_untuk_penyakit_diabetes_mellitus_direktorat_bina_farmasi_komunitas_dan_klinik_direktorat_jenderal_bina_kefarmasian_dan_alat_kesehatan. [23 November 2014].

Hirata, A., Maeda, N., Hiuge, A., Hibuse, T., Fujita, K., Okada, T., Kihara, S., Funahashi, T. dan Shimomura, I. (2009). Blockade of mineral ocorticoid receptor reverses adipocyte dysfunction and insulin. *Cardiovascular Research* **84**: 164-172.

Howarth, N.C., Saltzman, E. dan Roberts, S.B. (2001). Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews* **59**: 129-139.

Hsu, T.F., Kise, M., Wang, M.F., Ito, Y., Yang, M.D., Aoto, H., Yoshihara, R., Yokoyama, J., Kunii, D. dan Yamamoto, S. (2008). Effects of pre-germinated brown rice on blood glucose and lipid levels in free-living patients with impaired fasting glucose or type 2 diabetes. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* **54**(2): 163-168.

Kayahara, H., Tsukahara, K. dan Tatai, T. (2000). Flavor, health, and nutritional quality of pre-germinated brown rice. *Dalam: Spanier, A., Shahidi, F., Parliment, T., Mussinan, C., Chi-Tang Ho, C. dan Contis, E.T. Food Flavors and Chemistry: Advances of the New Millenium, Cambridge: Royal Society of Chemistry* 546-550.

Kristanti, D. (2015). *Perbandingan Efek Diet Beras Merah (Mandel Handayani) dan Beras Putih (IR64) Precooked*

- pada Kadar Glukosa Darah, Antioksidan Darah, Profil Mikrobiota, dan Short Chain Fatty Acids (SCFA) Digesta Tikus Wistar Hiperqlikemia. Tesis Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lee, J.M., Okumura, M.J., Davis, M.M., Herman, W.H. dan Gurney, J.G. (2006). Prevalence and determinants of insulin resistance among U.S. adolescents: a population-based study. *Diabetes Care* **29**: 2427-2432.
- Maulida, D. dan Estiasih, T. (2014). Efek hipoglikemik polisakarida larut air umbi gadung (*Dioscorea hispida*) dan alginat: kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* **2**(3): 136-140.
- Nishimune, T., Yakushiji, T., Sumimoto, T., Taguchi, S., Konishi, Y., Nakahara, S., Ichikawa, T. dan Kunita, N. (1991). Glycemic response and fiber content of some food. *The American Journal of Clinical Nutrition* **54**(2): 414-419.
- Newsholme, P., Brennan, L. dan Bende, K. (2007). Amino acid metabolism, insulin secretion, and diabetes. *Biochemical Society Transaction* **35**: 1180-1186.
- Nurhidajah dan Nurrahman (2013). Evaluasi sifat fisik, kimia dan organoleptik kecambah beras merah. *Prosiding Seminar Nasional Menuju Masyarakat Madani dan Lestari*. 549-554. Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UII, Yogyakarta.
- Rimbawan dan Siagian, A. (2004). *Indeks Glikemik Pangan*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sacks, D.B. (2001). *Carbohydrates, in Tietz Fundamentals of Clinical chemistry*, 5th W.B. Saunders Company, USA.
- Santoso, A. (2011). Serat pangan (*dietary fiber*) dan manfaatnya bagi kesehatan. *Magistra* **78**: 35-40.
- Sardesai, V.M. (2003). *Introduction to Clinical Nutrition*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Seki, T., Nagase, R., Torimitsu, M., Yanagi, M., Ito, Y., Kise, M., Mizukuchi, A., Fujimura, N., Hayamizu, K. dan Ariga, T. (2005). Insoluble fiber is a major constituent responsible for lowering the post-prandial blood glucose concentration in the pre-germinated brown rice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* **28**(8): 1539-1541.
- Sharma, M., Siddique, M.W., Shamim, A. M., Gyanesh, S. dan Pilla, K.K. (2011). Evaluation of antidiabetic and antioxidant effects of seabuckthorn (*hippophae rhamnoides L.*) in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats. *The Open Conference Proceedings Journal* **2**: 53-58.
- Silalahi, J. dan Hutagalung, N. (2008). *Komponen-Komponen Bioaktif dalam Makanan dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan*. Jurusan Farmasi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Suardi, D. (2005). Potensi beras merah untuk peningkatan mutu pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Indonesian Agricultural Research and Development Journal)* **24**(3): 93-100.
- Suda, I., Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y. dan Furuta, S. (2003). Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. *Japan Agricultural Research Quarterly* **37**(3): 167-173.
- Taguchi, Y. (1985). *Experimental Animals*. Clea, Inc. Tokyo, Japan.
- Usuki, S., Ito, Y., Morikawa, K., Kise, M., Ariga, T., Rivner, M. dan Yu, R.K. (2007). Effect of pre-germinated brown rice intake on diabetic neuropathy in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition and Metabolism* **4**: 25.
- Weickert, M.O. dan Pfeiffer A.F.H. (2008). Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *Journal of Nutrition* **138**: 439-442.
- Williams, C.L., Hayman, L.L., Daniels, S.R., Robinson, T.N., Steinberger, J. dan Paridon, S. (2002). Cardiovascular health in childhood. A Statement for health professionals from the committee on atherosclerosis, hypertension and obesity in the young (AHOY) of the council on cardiovascular disease in the young. *American Heart Association Circulation* **106**: 143-160.
- World Health Organization, Departement of Non communicable Disease Suveillance (WHO) (1999). Definition of Metabolic Syndrome in Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes mellitus. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/66040/1/WHO_NCD_NCS_99.2.pdf. [12 Februari 2014].
- Zhang, G., Malik, V.S., Pan, A., Kumar, S., Holmes, S.D., Spiegelman, D., Lin, X. dan Hu, F.B. (2010). Substituting brown rice for white rice to lower diabetes risk: A focus-group study in Chinese adults. *Journal of the American Dietetic Association* **110**: 1216-1221.