

Antidiabetic Effect of GEMAR (*Germinated Black Rice*) Beverage on Diabetes Mellitus Model Rats

Efek Antidiabetes Minuman GEMAR (*Germinated Black Rice*) pada Tikus Model Diabetes Melitus

Sudana Fatahillah Pasaribu^{1}, Putra Chandra², Reno Irwanto³, Citra Dewi Anggraini⁴, Herviana Herviana⁴*

¹Prodi S1 Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Institut Kesehatan Helvetia, Medan, Indonesia.

²Prodi S1 Farmasi, Universitas Haji Sumatera Utara, Medan, Indonesia.

³Prodi S1 Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Indonesia.

⁴Program Studi Sarjana Gizi, Institut Kesehatan Mitra Bunda, Batam, Indonesia.

*e-mail author: sudanafatahillah@gmail.com

ABSTRACT

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a degenerative disease caused by increased blood glucose levels. Therapeutic recommendations for treating T2DM are the implementation of healthy lifestyle and pharmacological interventions. *Germinated Black Rice* contain high levels of fiber, anthocyanins and flavonoids. Functional beverage products *Germinated Black Rice* (GEMAR) is expected to help improve blood glucose levels and body weight in T2DM sufferers. This study aims to analyze the effect of beverage GEMAR at doses of 3.8 and 7.6 g/200 gBW on fasting blood glucose and body weight in T2DM rats. Laboratory experimental research method with design pre-posttest control group design. Samples of 30 male Wistar rats were divided into 5 groups. The results of the study found that the fasting blood glucose (GDP) of the acarbose drug group, P1 (GEMAR 3.8 g/200 g BW) and P2 (GEMAR 7.6 g/200 g BW) were significantly different ($p < 0.001$) compared to the negative control group. GDP reducing effect of acarbose drug treatment (148%), P1 (177%), and P2 (128%). Body weight in the acarbose, P1 and P2 drug groups were significantly different ($p < 0.001$) compared to the negative control. The improved effect of the drug groups acarbose (4%), P1 (7%), and P2 (5%) compared with adaptation. This research concludes that GEMAR P1 and P2 functional beverage can reduce GDP levels and improve body weight T2DM rats.

Keywords: antidiabetic; body weight; *Germinated Black Rice*; fasting blood glucose

ABSTRAK

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) adalah penyakit degeneratif diakibatkan peningkatan kadar glukosa darah. Rekomendasi terapi untuk penanganan DMT2 adalah penerapan pola hidup sehat dan intervensi farmakologis. Kecambah beras hitam memiliki kandungan serat, antosianin, dan flavonoid tinggi. Produk minuman fungsional *Germinated Black Rice* (GEMAR) diharapkan membantu memperbaiki kadar glukosa darah dan berat badan penderita DMT2. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh minuman GEMAR dosis 3,8 dan 7,6 g/200 gBB terhadap glukosa darah puasa dan berat badan tikus model DMT2. Metode penelitian eksperimen laboratorik dengan rancangan *pre-posttest control group design*. Sampel tikus jantan sejumlah 30 ekor, terbagi menjadi 5

kelompok. Hasil penelitian menemukan glukosa darah puasa (GDP) kelompok obat acarbose, P1 (GEMAR 3,8 g/200 g BB) dan P2 (GEMAR 7,6 g/200 gBB) signifikan berbeda nyata ($p < 0,001$) dibandingkan kelompok kontrol negatif. Efek penurunan GDP dari perlakuan obat acarbose (148%), P1 (177%), dan P2 (128%). Perubahan berat badan pada kelompok obat acarbose, P1 dan P2 signifikan berbeda nyata ($p < 0,001$) dibandingkan kontrol negatif. Efek perbaikan peningkatan kelompok obat acarbose (4%), P1 (7%), dan P2 (5%) dibandingkan saat adaptasi. Penelitian ini menyimpulkan minuman fungsional GEMAR P1 dan P2 dapat menurunkan kadar GDP dan memperbaiki peningkatan berat badan tikus model DMT2.

Kata kunci: antidiabetes; berat badan; kecambah beras hitam; glukosa darah puasa.

PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) merupakan tantangan global terhadap kesehatan dan kesejahteraan individu, keluarga, dan masyarakat. Diabetes melitus merupakan penyakit dengan peringkat ke-9 penyebab kematian utama di dunia. *International Diabetes Federation* (IDF) melaporkan terdapat peningkatan prevalensi DM secara global. Kasus DM tahun 2019 sejumlah 463 juta dan meningkat di 2021 berjumlah 537 juta orang dewasa (20-79 tahun). Jumlah ini diperkirakan meningkat menjadi 643 juta pada tahun 2030. Dampak ditimbulkan akibat DM di tahun 2021 adalah kematian sejumlah 6,7 juta. Kasus DM di Asia Pasifik juga meningkat, diperkirakan mencapai 113 juta pada tahun 2030 dan Negara Indonesia merupakan Top 2 country dengan jumlah kasus DM terbanyak (*International Diabetes Federation*, 2021).

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) adalah penyakit degeneratif yang berhubungan dengan terjadinya peningkatan kadar glukosa darah dikarenakan adanya gangguan produksi dan respon insulin atau keduanya (Zano, e Rubab, & Baig, 2022). Diagnosis DMT2 dapat ditegakkan berdasarkan hasil pemeriksaan kadar glukosa darah puasa > 126 mg/dL. Adapun beberapa jalur patogenesis pada penderita DMT2 yaitu disfungsi sel α pankreas, kegagalan sel β pankreas, peningkatan lipolisis, penurunan utilisasi glukosa di otot, peningkatan produksi glukosa di hepar, disfungsi neurotransmitter, abnormal microbiota, absorpsi glukosa meningkat, reabsorpsi glukosa meningkat di ginjal, percepatan pengosongan lambung dan inflamasi (*The Egregius Eleven*) (PERKENI, 2022). Dampak jangka panjang akibat dari penyakit DMT2 cukup serius yaitu dengan rusaknya pembuluh darah, saraf, ginjal dan bisa menimbulkan komplikasi. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan pengelolaan penyakit DMT2

dengan baik (*American Diabetes Association*, 2020; Jwad & AL-Fatlawi, 2022).

Terapi yang direkomendasikan dalam penatalaksanaan DMT2 saat ini yaitu penerapan pola hidup sehat (terapi gizi dan aktivitas fisik) bersamaan dengan intervensi farmakologis (*American Diabetes Association*, 2020; PERKENI, 2022). Pemanfaatan tanaman herbal hingga kini mulai banyak dikembangkan, sehingga menjadi alternatif dalam penanganan DMT2. Selain itu, efek samping yang ditimbulkan dari tanaman herbal lebih kecil dan penyerapannya lebih mudah diterima tubuh (Pratiwi, 2020).

Kecambah beras hitam (*Germinated Black Rice*) adalah salah satu tanaman herbal yang memiliki potensi dalam terapi DMT2. *Germinated Black Rice* memiliki kandungan serat, antosianin, flavonoid dan aktivitas antioksidan tinggi sehingga memiliki nilai manfaat pada penderita DMT2 (Mongkontanawat, Ueda, & Yasuda, 2021; Pasaribu, Budiyaniti, & Kartikasari, 2021). Hasil penelitian Zaidan et al., (2021) menunjukkan bahwa serat memiliki manfaat bagi pasien DMT2 yaitu menurunkan kadar glukosa darah (Zaidan, Ghani, Zahari, Rahim, & Gani, 2021). Selain serat, antosianin dan flavonoid juga memiliki manfaat dalam memperbaiki kelainan metabolisme DMT2 dan dapat memperlambat risiko komplikasi akibat hiperglikemia kronis (Jani & Goswami, 2020; Qi et al., 2019). Beberapa penelitian membuktikan pemberian *Germinated Black Rice* dalam bentuk ekstrak memiliki efek antidiabetes pada hewan coba DMT2 (Chaiyasut et al., 2017; Pasaribu, Wiboworini, & Kartikasari, 2021).

Penelitian menggunakan produk minuman fungsional berbahan alami sudah mulai banyak dikembangkan dalam membantu mengontrol kadar glukosa darah penderita DMT2 seperti produk teh hijau, jus bit, teh kelor, dan minuman bekatul

(Asbaghi et al., 2021; Marisa, Podojoyo, & Yuniarti, 2022; Martini et al., 2019). Akan tetapi, pembuatan produk minuman fungsional berbahan dasar kecambah beras hitam belum pernah dimanfaatkan untuk penderita DMT2.

Seiring majunya teknologi dan berkembangnya *life style* menuntut proses cepat dan praktis dalam mengonsumsi minuman yang sehat. Produk minuman kecambah beras hitam memungkinkan memiliki peluang besar untuk dimanfaatkan penderita DMT2. Adapun produk yang akan digunakan adalah minuman fungsional bernama *Germinated Black Rice* (GEMAR). Peneliti sebelumnya telah melakukan studi pendahuluan dengan melakukan uji sifat fisik dan kimia minuman GEMAR untuk mendapatkan formula terbaik. Hasil uji fitokimia dari minuman GEMAR ditemukan kandungan serat (9,56 %), flavonoid (12,50 mg) dan antosianin (2,83 mg) sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam menurunkan glukosa darah. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa kandungan serat, flavonoid dan antosianin pada suatu tanaman dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah DMT2 (H. Oliveira et al., 2020; Reynolds, Akerman, & Mann, 2020; Solikhah et al., 2022).

Minuman fungsional GEMAR perlu dilakukan penelitian preklinis menggunakan hewan coba model DMT2, sebelum diaplikasikan pada manusia untuk menghindari dampak negatif yang ditimbulkan selama perlakuan. Acuan dosis intervensi penelitian ini menggunakan serat yang terkandung pada minuman GEMAR. Penentuan dosis ini merujuk penelitian Dewi et al (2020) bahwa konsumsi serat sesuai kebutuhan 20 g/hari dapat menurunkan kadar glukosa darah (Dewi, Widyastuti, & Probosari, 2020). Jika rekomendasi serat dikonversikan dari manusia ke tikus didapatkan 0,36 g.

Berdasarkan rekomendasi tersebut maka disesuaikan dengan minuman fungsional GEMAR yaitu 3,8 g. Penelitian ini akan menggunakan 2 dosis minuman fungsional GEMAR yaitu 3,8 dan 7,6 g. Berdasarkan kajian diatas tersebut, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian minuman fungsional GEMAR dengan dosis 3,8 dan 7,6 g/200 gBB terhadap kadar glukosa darah dan berat badan tikus model DMT2.

METODE PENELITIAN

Etik dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan, Medan, Indonesia (Number: 01.75.135/KEPK/-POLTEKESKEMENKESMEDAN/2023).

Pembuatan produk minuman GEMAR dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan, Institut Kesehatan Helvetia, Medan, Indonesia. Pemodelan, pemeliharaan dan intervensi perlakuan hewan coba dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan sejak Agustus-Oktober 2023. Jenis penelitian ini adalah eksperimen laboratorik dengan menggunakan rancangan *pre-posttests control group design* yang melibatkan sampel hewan coba tikus jantan (Wistar Albino). Metode *single-blind* dimana sampel penelitian tidak mengetahui mengenai jenis intervensi yang diberikan.

Pemodelan Tikus Diabetes Melitus

Hewan coba yang digunakan adalah tikus Wistar jantan umur 8 minggu dengan berat badan 150-200 g. Tikus model DMT2 diinduksi menggunakan Streptozotocine-Nicotinamide (STZ-NA) dengan dosis STZ 65 mg/kgBB/hari dan NA 230 mg/kgBB).

Minuman Fungsional *Germinated Black Rice* (GEMAR)

Minuman fungsional GEMAR memiliki beberapa komposisi yaitu kecambah beras hitam, kecambah kacang hijau, tempe, bayam merah, susu skim, maltodextrin, isolated soy protein, dan minyak sunflower.

Jenis Perlakuan

Intervensi tikus DMT2 dilakukan selama 21 hari sesuai dengan kelompok perlakuan yang telah ditentukan (K, KN, KP, P1, dan P2). Kemudian, selama intervensi seluruh kelompok diberikan pakan standar (PS).

Pengukuran Kadar Glukosa Darah Puasa

Pemeriksaan kadar glukosa darah puasa pada tikus DMT2 menggunakan metode *Enzymatic Colorimetric Test* "GOD-PAP". Pengukuran glukosa darah puasa dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada saat pretest (0 hari sebelum intervensi) dan posttest (21 hari setelah intervensi).

Pengukuran Berat Badan

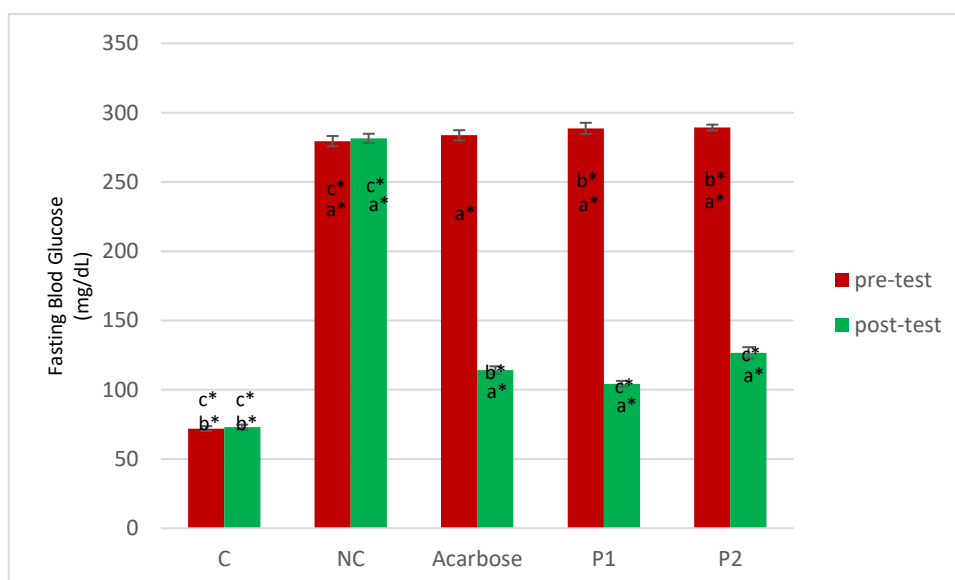
Pengukuran berat badan tikus menggunakan alat timbangan digital. Pengukuran berat badan dilakukan sebanyak 5 kali, yaitu pada saat adaptasi, hari ke-1, hari ke-7, hari ke-14, dan hari ke-21.

Analisis Data

Seluruh data dilakukan analisis data menggunakan aplikasi SPSS version 18. Analisis yang digunakan uji One way ANOVA untuk melihat pengaruh pemberian minuman fungsional GEMAR dosis 3,8 dan 7,6 g terhadap kadar glukosa darah puasa dan berat badan tikus model DMT2.

HASIL DAN DISKUSI

Gambar 1 menunjukkan perubahan kadar glukosa darah puasa tikus model diabetes melitus sebelum intervensi (pre-test) dan setelah intervensi (post-test) selama 21 hari. Berdasarkan hasil penelitian ini menemukan bahwa terdapat penurunan kadar glukosa darah puasa yang signifikan ($p < 0,001$) pada kelompok kontrol positif (obat acarbose), P1 (GEMAR 3,8 g/200 g BB) dan P2 (GEMAR 7,6 g/200 gBB). Hal ini dapat dilihat pada perubahan kadar glukosa darah puasa pada kelompok kontrol dan kontrol negatif meningkat (1%), kelompok Acarbose menurun (148%), kelompok P1 menurun (177%) dan kelompok P2 menurun (128%) dibandingkan pre-test.



Gambar 1: Dampak minuman fungsional GEMAR terhadap tingkat glukosa darah puasa dinilai setelah periode intervensi selama 21 hari. Nilai-nilai ini direpresentasikan sebagai $\text{mean} \pm \text{standar deviasi}$ ($n = 6$). Simbol '*' digunakan untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara berbagai kelompok yaitu, analisis statistik ANOVA dan uji statistik post-hoc Tukey. 'a' menunjukkan perbandingan dengan kelompok kontrol (C), 'b' menunjukkan perbandingan dengan kelompok kontrol negatif (NC), dan 'c' menunjukkan perbandingan dengan kelompok Acarbose. Tingkat signifikansi * ($p < 0,01$).

Hasil analisis ANOVA seluruh kelompok perlakuan setelah dilakukan intervensi selama 21 hari menemukan terdapat perbedaan secara nyata ($p < 0,001$) kadar glukosa darah puasa dibandingkan kelompok kontrol negatif pada tikus diabetes melitus tipe 2. Selain itu, penelitian ini mengungkapkan bahwa kelompok P1, yang menerima dosis minuman GEMAR 3,8 g/200 g BB, lebih efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah dibandingkan

dengan kelompok yang menerima obat acarbose. Bahkan, kelompok P1 masih lebih baik daripada kelompok P2, yang menerima dosis minuman GEMAR tertinggi 7,6 g/200 g BB. Hal ini, mengindikasikan bahwa dosis yang lebih rendah dari minuman GEMAR memiliki dampak yang lebih besar dalam mengendalikan kadar glukosa darah. Penelitian ini membuktikan bahwa minuman GEMAR merupakan minuman fungsional yang

memiliki manfaat bagi kesehatan melalui sifat antidiabetik dalam menurunkan kadar glukosa darah.

Efek penurunan kadar glukosa darah yang ditimbulkan oleh minuman fungsional GEMAR diduga dipengaruhi oleh kandungan serat dan senyawa fitokimia pada bahan-bahan seperti kecambah beras hitam, kecambah kacang hijau, tempe dan bayam. Beberapa senyawa fitokimia seperti flavonoid, antosianin, dan isoflavon pada minuman GEMAR dapat menghambat enzim amilase dan glukosidase yang terlibat dalam pemecahan karbohidrat menjadi glukosa, sehingga mengurangi penyerapan glukosa dari makanan. Selain itu, terjadi peningkatan sensitivitas insulin dikarenakan senyawa polifenol. Sensitivitas insulin yang lebih baik memungkinkan tubuh menggunakan glukosa dengan lebih efisien. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Jiang et al (2020) bahwa flavonoid dan antosianin pada ubi jalar ungu dapat memperbaiki kondisi diabetes melitus yang ditandai dengan penurunan stres oksidatif, penurunan kerusakan hati, memperbaiki metabolisme lemak, dan memperbaiki toleransi glukosa. Mekanisme antosianin dalam mengontrol kadar glukosa darah yaitu melalui aktivasi protein kinase AMP di hati (T. Jiang et al., 2020).

Antosianin membantu meningkatkan fosforilasi protein kinase teraktivasi AMP (AMPK) dan menginduksi aktivasi enzim. Aktivasi AMPK adalah mekanisme utama untuk meningkatkan transportasi glukosa ke otot rangka. Selanjutnya, aktivasi AMPK menyebabkan transportasi dan translokasi pengangkut glukosa di otot dan penurunan kadar glukosa darah (T. Jiang et al., 2020). Selain itu, mekanisme antosianin dalam menurunkan kadar glukosa darah yaitu melalui penghambatan enzim α -amilase dan α -glukosidase. Kedua enzim tersebut merupakan enzim yang berperan dalam pemecahan karbohidrat kompleks menjadi karbohidrat sederhana. Hal ini dibuktikan beberapa hasil penelitian yang melaporkan bahwa ubi ungu dan buah Berberis integerrima tinggi kandungan antosianin dapat menghambat aktivitas dari enzim α -glukosidase dan α -amilase (Kalita, Holm, LaBarbera, Etrash, & Jayanty, 2018; Moein, Moein, & Javid, 2022).

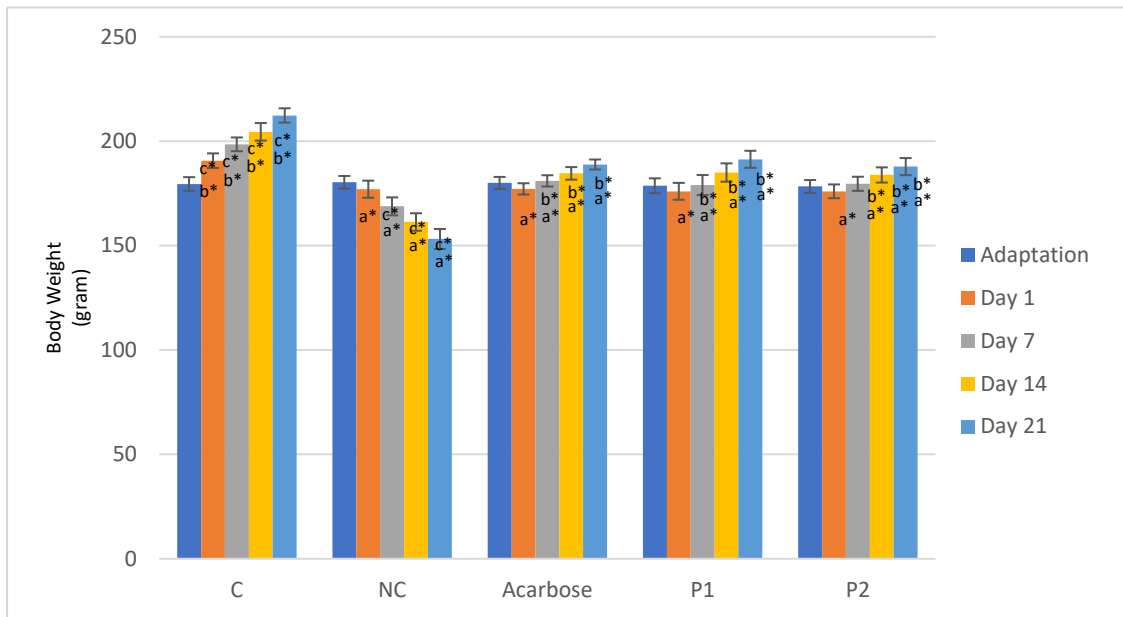
Efek antidiabetik yang ditimbulkan diduga juga disebabkan karena kandungan Gamma-aminobutyric Acid (GABA). GABA dapat diproduksi dari glutamat melalui proses katalisis Glu

dekarboksilase selama perkecambahan. Minuman fungsional GEMAR berbahan dasar beras dan kacang hijau yang telah dikecambahkan. Penelitian terbaru menemukan bahwa GABA pada kacang-kacangan dan beras berwarna memiliki efek antidiabetik. Adapun mekanisme antidiabetik GABA yaitu melalui penurunan kadar L-histidin dan L-serin, yang kondusif untuk mempercepat siklus asam sitrat dan menghasilkan lebih banyak alfa-ketoglutarat, yang pada akhirnya menurunkan pembentukan kadar glukosa darah (Chaiyasut et al., 2017; Chen et al., 2022; X. Jiang et al., 2021; Lee et al., 2019).

Gambar 2 menunjukkan bahwa perubahan berat badan tikus model diabetes melitus pada saat adaptasi dan setelah intervensi. Berdasarkan hasil penelitian ini menemukan bahwa terdapat peningkatan berat badan yang signifikan ($p < 0,001$) pada kelompok kontrol positif (obat acarbose), P1 (GEMAR 3,8 g/200 g BB) dan P2 (GEMAR 7,6 g/200 gBB) selama 21 hari. Sedangkan, pada kelompok kontrol negatif terjadi penurunan berat badan yang signifikan ($p < 0,001$). Hal ini dapat dilihat pada perubahan berat badan kelompok kontrol yang meningkat sejumlah (18%), kontrol negatif menurun (15%), kelompok Acarbose meningkat (4%), kelompok P1 meningkat (7%) dan kelompok P2 meningkat (5%) dibandingkan berat badan saat adaptasi.

Hasil analisis ANOVA atas seluruh kelompok perlakuan setelah dilakukan intervensi selama 21 hari menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,001$) dalam berat badan dibandingkan dengan kelompok kontrol negatif pada tikus diabetes melitus tipe 2. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa kelompok P1 memberikan peningkatan berat badan yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok yang mendapat obat acarbose. Pada kelompok P1 (dosis minuman fungsional GEMAR 3,8 g/200 g BB), peningkatan berat badan masih lebih baik dibandingkan dengan kelompok P2 (dengan dosis minuman GEMAR tertinggi yaitu 7,6 g/200 g BB).

Pada Gambar 2 terlihat pada kelompok NC yaitu tikus model diabetes dengan pemberian diet normal terjadi penurunan berat badan. Diabetes melitus merupakan kondisi peningkatan kadar glukosa darah yang berdampak timbulnya gangguan metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. Gangguan metabolisme tersebut bisa mempengaruhi penurunan berat badan (M. Oliveira, da Cunha, Caetano, & Caldeira, CD., 2020).



Gambar 2: Dampak minuman fungsioanl GEMAR terhadap berat badan dinilai setelah periode intervensi selama 21 hari. Nilai-nilai ini direpresentasikan sebagai mean± standar deviasi (n = 6). Simbol '*' digunakan untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara berbagai kelompok yaitu, analisis statistik ANOVA dan uji statistik post-hoc Tukey. 'a' menunjukkan perbandingan dengan kelompok kontrol (C), 'b' menunjukkan perbandingan dengan kelompok kontrol negatif (NC), dan 'c' menunjukkan perbandingan dengan kelompok Acarbose. Tingkat signifikansi * ($p < 0,01$).

Efek perbaikan berat badan yang ditimbulkan dari minuman fungsional GEMAR dipengaruhi oleh kandungan gizi dari bahan-bahan pada minuman seperti ksecambah beras hitam, kecambah kacang hijau, tempe, bayam merah dan susu skim. Kombinasi dari seluruh bahan dalam minuman GEMAR mungkin memberikan asupan gizi yang seimbang dibandingkan dengan kelompok kontrol negatif yang hanya diberikan pakan standar. Sama seperti kelompok lainnya, dibandingkan kelompok obat acarbose kelompok P1 lebih baik dalam meningkatkan berat badan tikus diabetes melitus. Asupan zat gizi seimbang yang diberikan dapat membantu menjaga keseimbangan hormon dan fungsi tubuh dalam pengaturan berat badan.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Pasaribu et al (2021) melaporkan dengan pemberian ekstrak kecambah beras hitam dosis 535, 1070, 2140 mg/kg selama 2 minggu dapat meningkatkan berat badan tikus dibandingkan tikus diabetes melitus (Pasaribu, Wiboworini, et al., 2021). Pada penelitian Sabahi et al (2016) pemberian buah Berberis integerrima fraksi antosianin 400 dan 1000 mg/ml secara signifikan meningkatkan berat badan tikus model diabetes melitus dibandingkan dengan

kelompok kontrol diabetes (Sabahi, Khoshnood-Mansoorkhani, Rahmani Namadi, & Moein, 2016).

Terdapatnya perbedaan yang signifikan dalam perbaikan peningkatan berat badan antara kelompok P1 (3,8 g/200 g BB) dan P2 (7,6 g/200 g BB). Hal ini bisa disebabkan oleh perbedaan dosis yang diberikan. Kelompok P1 mendapatkan dosis yang lebih rendah tetapi cukup untuk memberikan manfaat dalam peningkatan berat badan, sementara dosis yang lebih tinggi pada kelompok P2 memiliki efek berlawanan. Dosis lebih tinggi pada P2 mungkin telah menghasilkan efek samping yang menghambat peningkatan berat badan. Selain itu, kelompok P2 mungkin memiliki efek yang berlebihan pada metabolisme atau mengganggu keseimbangan hormonal yang diperlukan untuk peningkatan berat badan.

Terjadinya perbaikan berat badan pada tikus kelompok diabetes melitus yang diberikan minuman fungsional GEMAR disebabkan kandungan antioksidan dari minuman GEMAR. Antioksidan memiliki fungsi dalam mempercepat perbaikan proses metabolisme. Senyawa fitokimia pada minuman fungsional GEMAR memiliki peran dalam peningkatan sintesis glikogen dan penurunan

terjadinya proses glukoneogenesis dihati (Pasaribu, Wiboworini, et al., 2021) (20).

Hasil penelitian ini menunjukkan potensi minuman fungsional GEMAR sebagai opsi pengelolaan berat badan dan diabetes melitus tipe 2 yang menarik. Namun, perlu penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme yang lebih dalam, dosis yang optimal, serta efek jangka panjangnya yang dapat terjadi pada manusia. Selain itu, perlu juga mempertimbangkan variabel lain yang dapat memengaruhi penelitian seperti pengukuran masa lemak dan masa otot.

KESIMPULAN

Minuman fungsional *Germinated Black Rice* (GEMAR) dosis 3,8 dan 7,6 g/200 gBB secara signifikan dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa dan memperbaiki peningkatan berat badan tikus model DMT2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dampak minuman GEMAR terhadap parameter diabetes lain seperti insulin, HbA1c, Malondialdehyde, dan sensitivitas insulin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis mengucapkan terima kasih pada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam bentuk dana dalam penelitian ini

REFERENSI

American Diabetes Association. (2020). Standards Of Medical Care In Diabetes—2020 Abridged For Primary Care Providers. *Clinical Diabetes: A Publication of the American Diabetes Association*, 38(1), 10–30.

Asbaghi, O., Fouladvand, F., Gonzalez, M., Ashtary-Larky, D., Choghakhori, R., & Abbasnezhad, A. (2021). Effect of green tea on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 15(1), 23–31.

Chaiyasut, C., Sivamaruthi, BS, Pengkumsri, N., Keapai, W., Kesika, P., Saelee, M., Tojing, P., Sirilun, S., ... Lailerd, N. (2017). Germinated Thai Black Rice Extract Protects Experimental Diabetic Rats From Oxidative Stress And Other Diabetes-Related Consequences.

Pharmaceuticals, 10(1), 1–16.

Chen, L., Pu, Y., Xu, Y., He, X., Cao, J., Ma, Y., & Jiang, W. (2022). Anti-diabetic and anti-obesity: Efficacy evaluation and exploitation of polyphenols in fruits and vegetables. *Food Research International*, 157, 111202.

Dewi, A., Widyastuti, N., & Probosari, E. (2020). Pengaruh Pemberian Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa Tikus Diabetes. *Journal of Nutrition College*, 7(1), 63–70.

International Diabetes Federation. (2021). IDF Diabetes Atlas 10 th Edition. In *Diabetes Research and Clinical Practice* (Vol. 102). Retrieved from <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>

Jani, D. K., & Goswami, S. (2020). Antidiabetic activity of *Cassia angustifolia* Vahl. and *Raphanus sativus* Linn. leaf extracts. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 10(2), 124.

Jiang, T., Huai, X., Li, J., Yang, N., Deng, L., Li, S., ... He, J. (2020). Protein-bound anthocyanin compounds of purple sweet potato ameliorate hyperglycemia by regulating hepatic glucose metabolism in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(6), 1596-608.

Jiang, X., Xu, Q., Zhang, A., Liu, Y., Li, Z., Tang, H., ... Zhang, D. (2021). Revealing the hypoglycemic effects and mechanism of GABA-rich germinated Adzuki beans on T2DM mice by untargeted serum metabolomics. *Frontiers in Nutrition*, 8, p.791191.

Jwad, S. M., & AL-Fatlwi, H. Y. (2022). Types of Diabetes and their Effect on the Immune System. *J. Adv. Pharm. Pract*, 7, 21–30.

Kalita, D., Holm, D., LaBarbera, D., Etrash, J., & Jayanty, S. (2018). Inhibition of α -glucosidase, α -amylase, and aldose reductase by potato polyphenolic compounds. *PLoS One*, 13(1), p.e0191025.

Lee, Y., Lee, S., Jang, G., Lee, Y., Kim, M., Kim, Y., ... Jeong, H. (2019). Antioxidative and antidiabetic effects of germinated rough rice extract in 3T3-L1 adipocytes and C57BLKS/J-db/db mice. *Food & Nutrition Research*, 63.

Marisa, N., Podojoyo, P., & Yuniarti, H. (2022). Pengaruh Pemberian Minuman “Kakatul” Terhadap Kadarglukosa Darah Penderita Diabetes Melitus. *Nutrients*, 2(1), 49–58.

Martini, R., Rahma, A., Kusharto, C., Riyadi, H.,

- Sumantri, C., & Rohdiana, D. (2019). The Potential of White Tea (*Camellia sinensis*) and Kelor (*Moringa oleifera*) in Improving Lipid Profile and Histopathological Features of Pancreas in Streptozotocin-Induced Rats. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 14(1), 23–30.
- Moein, S., Moein, M., & Javid, H. (2022). Inhibition of α -Amylase and α -Glucosidase of Anthocyanin Isolated from *Berberis integerrima* Bunge Fruits: A Model of Antidiabetic Compounds. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- Mongkontanawat, N., Ueda, Y., & Yasuda, S. (2021). Increased total polyphenol content, antioxidant capacity and γ -aminobutyric acid content of roasted germinated native Thai black rice and its microstructure. *Food Science and Technology*, 42, e34521.
- Oliveira, H., Fernandes, A., Brás, N., Mateus, N., de Freitas, V., & Fernandes, I. (2020). Anthocyanins as antidiabetic agents—in vitro and in silico approaches of preventive and therapeutic effects. *Molecules*, 25(17), 3813.
- Oliveira, M., da Cunha, A., Caetano, C., & Caldeira, CD. (2020). Silymarin attenuates hepatic and pancreatic redox imbalance independent of glycemic regulation in the alloxan-induced diabetic rat model. *Biomedical and Environmental Sciences*, 33(9), 690-700.
- Pasaribu, S. F., Budiyantri, W., & Kartikasari, L. R. (2021). Analisis antosianin dan flavonoid ekstrak kecambah beras hitam. *Jurnal Dunia Gizi*, 4(1), 08-14.
- Pasaribu, S. F., Wiboworini, B., & Kartikasari, L. R. (2021). Effect of *Germinated Black Rice* Krisna Extract on Fasting Blood Glucose and Body Weight in Diabetes Mellitus Rats. *International Journal of Nutrition Sciences*, 6(4), 194–200.
- PERKENI. (2022). Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia 2021. In *Global Initiative for Asthma*. Jakarta. Retrieved from www.ginasthma.org.
- Pratiwi, A. (2020). Pengaruh Pemberian Ekstrak Ubi Jalar Ungu terhadap Kadar Glukosa Darah dan MDA Hepar Tikus Hiperglikemia. *Jurnal Ilmu Kesehatan Indonesia*, 1(2), 117–124.
- Qi, S., He, J., Han, H., Zheng, H., Jiang, H., Hu, C., ... Li, X. (2019). Anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L. Japonica) ameliorates diabetic osteoporosis in rats. *Food & Function*, 10(9), 5350–5360.
- Reynolds, A. N., Akerman, A. P., & Mann, J. (2020). Dietary fibre and whole grains in diabetes management: Systematic review and meta-analyses. *PLoS Medicine*, 17(3), e1003053.
- Sabahi, Z., Khoshnood-Mansoorkhani, M., Rahmani Namadi, S., & Moein, M. (2016). Antidiabetic and synergistic effects study of anthocyanin fraction from *Berberis integerrima* fruit on streptozotocin-induced diabetic rats model. *Trends in Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 43–50.
- Solikhah, T. I., Rani, C., Septiani, M., Putra, Y., Rachmah, Q., Solikhah, G., ... Purnama, M. (2022). Antidiabetic of *Hylocereus polyrhizus* peel ethanolic extract on alloxan induced diabetic mice. *Iraqi J Vet Sci*, 36(3), 797–802.
- Zaidan, U., Ghani, N., Zahari, N., Rahim, M., & Gani, S. (2021). Biofunctional characteristics of banana peel dietary fibre (BPDF) and its associated in vitro antidiabetic properties. *International Food Research Journal*, 28(2), 401–406.
- Zano, S., e Rubab, Z., & Baig, S. (2022). Association of FTO variant with parental history of type 2 diabetes mellitus in adults. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 72(10), 2009–2013.