

HIBISC RICE: Beras Analog Berbahan Umbi Garut (*Maranta Arundinacea L.*) dan Bunga Sepatu (*Hibiscus Rosa Sinensis L.*) Sebagai Inovasi Makanan Pokok Fungsional

Antari Arlita Leniseptaria¹, Indah Saraswati², Eva Annisaa³, Anfa Adnia Fatma⁴

¹Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

²Bagian Kimia Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

³Bagian Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

⁴Mahasiswa Profesi Apoteker

Correspondence Email: arlitaleniseptariaantari@yahoo.com

Abstrak: Tingginya konsumsi beras sebagai bahan makanan pokok sumber karbohidrat memicu terjadinya peningkatan konsumsi dan ketergantungan terhadap beras, sehingga diperlukan upaya diversifikasi pangan. Beras analog merupakan beras tiruan (artificial rice) yang bentuk maupun komposisi gizinya mirip seperti beras padi yang dibuat dengan menambahkan bahan baku dan tambahan dengan formulasi yang tepat untuk mencukupi kebutuhan gizi dan menekan dampak negatif penggunaan beras padi yang tinggi indeks glikemik (IG) sebagai pemicu diabetes melitus (DM). Garut (*Maranta arundinacea L.*) merupakan tanaman pangan lokal, sumber karbohidrat, kaya serat, dan rendah IG. Penambahan bahan lain yang mendukung sifat fungsional dapat berasal dari bunga sepatu (*Hibiscus rosa sinensis L.*), yang terbukti tidak bersifat toksik, meningkatkan aktivitas makrofag penderita DM, dan menurunkan kadar glukosa darah, sehingga kondisi hiperglikemia dapat ditekan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menganalisis stabilitas, efektivitas, dan toksisitas formulasi beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu. Penelitian ini dilakukan secara in vivo pada sampel uji darah manusia (relawan) untuk menentukan IG pada perlakuan konsumsi glukosa murni (standar), nasi padi, dan formula nasi analog. Selanjutnya dilakukan uji identifikasi, evaluasi, dan analisis stabilitas, efektivitas, serta toksisitas formulasi beras analog. Hasil penelitian membuktikan bahwa F5 (dengan formula umbi garut 57.8%, bunga sepatu 5.1%, mocaf 12.6%, GMS 0.6%, dan air 23.9%) memiliki komposisi dan tekstur beras analog terbaik, serta efektif menurunkan kadar glukosa darah (mg/dL), menekan efek hiperglikemi, tidak bersifat toksik, serta mempertahankan berat badan dan meringankan derajat kerusakan pankreas, hepar, dan ginjal penderita DM. Hal itu terjadi karena adanya mekanisme penghambatan enzim α -amilase oleh α -amilase inhibitor.

Kata kunci: Beras analog, Umbi garut, Bunga sepatu, Indeks glikemik, Diabetes melitus

Abstract: The high consumption of rice as a staple carbohydrate source has led to an increase in rice consumption and dependency, necessitating efforts towards food diversification. Analogous rice is artificial rice that mimics the shape and nutritional composition of regular rice, made by incorporating raw materials and additives with the right formulation to meet nutritional needs and mitigate the negative effects of high glycemic index (GI) rice consumption, which is a trigger for diabetes mellitus (DM). Arrowroot (*Maranta arundinacea L.*) is a local food source, rich in carbohydrates, high in fiber, and low in GI. Additional functional ingredients can come from hibiscus flowers (*Hibiscus rosa sinensis L.*), which have been proven to be non-toxic, enhance macrophage activity in DM patients, and lower blood glucose levels, thereby reducing hyperglycemia. This research aims to identify, evaluate, and analyze the stability, effectiveness, and toxicity of analog rice formulations made from arrowroot tubers and hibiscus flowers. The study was conducted in vivo using human blood samples (volunteers) to determine the GI of pure glucose consumption (standard), regular rice, and analog rice formula. Subsequently, identification, evaluation, and analysis of the stability, effectiveness, and toxicity of the analog rice formulation were performed. The research results demonstrate that F5 (with a formula of 57.8% arrowroot, 5.1% hibiscus flowers, 12.6% mocaf, 0.6% GMS, and 23.9% water) have the best composition and texture for analog rice, effectively reducing blood glucose levels (mg/dL), suppressing hyperglycemic effects, being non-toxic, and maintaining body weight while alleviating the extent of damage to



the pancreas, liver, and kidneys of DM patients. This is due to the mechanism of inhibition of α -amylase enzyme by α -amylase inhibitor.

Keywords: Analogous rice, Arrowroot tubers, Hibiscus flowers, Glycemic index, Diabetes mellitus.

Article History :

Received; 14-09-2023; Revised; 07-10-2023; Accepted; 04-11-2023

PENDAHULUAN

Beras sebagai sumber karbohidrat merupakan bahan makanan pokok yang paling banyak dikonsumsi oleh sebagian besar penduduk Indonesia.^{1-6, 8} Kondisi ini memicu terjadinya peningkatan konsumsi dan ketergantungan terhadap beras setiap tahunnya. Data yang dikemukakan oleh FAO dan IRRI (*International Rice Research Institute*) menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara dengan angka konsumsi beras tertinggi setiap tahunnya. Meskipun produksi beras masih cukup banyak, akan tetapi dikhawatirkan tidak dapat memenuhi kebutuhan beras nasional apabila peningkatan tersebut tidak dikendalikan. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya diversifikasi sumber pangan pokok di Indonesia yang menitikberatkan pada mengurangi dan mensubstitusi konsumsi beras. Selain itu, filosofi makan bagi masyarakat Indonesia sudah sepatutnya mengalami pergeseran ke arah lebih baik, yaitu tidak hanya kenyang, tetapi juga bermanfaat bagi kesehatan, sehingga perlu pengembangan produk pangan fungsional.⁷⁻⁹

Salah satu inovasi untuk mendukung program diversifikasi pangan yang mempunyai peluang keberhasilan baik adalah pengembangan teknologi pengolahan beras analog sebagai produk pangan fungsional. Produk ini diharapkan dapat dijadikan vehicle product program diversifikasi pangan untuk mengurangi ketergantungan dan mensubstitusi konsumsi beras dan terigu. Beras analog merupakan beras tiruan (*artificial rice*) berbahan baku non padi yang bentuk maupun komposisi gizinya mirip seperti beras. Butiran beras analog dibentuk dengan menambahkan bahan baku dan bahan tambahan yang tepat untuk mencukupi kebutuhan gizi seperti halnya yang terkandung pada beras padi. Penambahan bahan tersebut juga dimaksudkan untuk memperbaiki manfaat dan khasiat yang dapat menekan dampak negatif penggunaan beras padi, mengingat beras padi mempunyai kandungan karbohidrat dan indeks glikemik (IG) yang tinggi, dan hal tersebut dapat memicu terjadinya diabetes melitus (DM).^{11-13, 30-32} Oleh karena itu, dirasa tepat jika beras analog dibuat dengan memanfaatkan umbi-umbian yang tinggi kandungan karbohidrat, protein, lemak, serat kasar, amilosa, tetapi rendah IG.

Garut (*Maranta arundinacea L.*) merupakan tanaman pangan lokal sebagai sumber karbohidrat yang kaya akan serat dan mempunyai manfaat bagi penderita DM karena kandungan IG-nya yang rendah dibandingkan dengan jenis umbi-umbian lainnya.^{7-9, 11, 13} Umbi garut ini juga mengandung saponin, flavonoid, asam folat (dalam 100 gram garut terdapat 84% asam folat yang dibutuhkan oleh tubuh per hari), vitamin B kompleks (seperti niasin, thiamin, piridoksin, asam pantotenat, dan riboflavin), beberapa mineral penting (tembaga, besi, mangan, fosfor, magnesium, seng, dan kalium), dan juga bebas gluten (zat pati yang memiliki rantai serat yang lebih pendek sehingga mudah dicerna).¹¹⁻¹⁴ Umbi garut yang kaya akan nutrisi tersebut, selama ini hanya dimanfaatkan dengan mengolahnya secara konvensional saja, yaitu dikukus, direbus, dipanggang, ataupun digoreng karena umbi garut ini memiliki tekstur yang lembut dan mudah dicerna dengan kadar karbohidrat yang tinggi (85,2 gram per 100 gram nya).³⁰⁻³² Oleh karenanya, umbi garut ini berpotensi untuk digunakan sebagai salah satu bahan makanan pokok yang dapat mensubstitusi beras, akan



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

tetapi tetap memenuhi kebutuhan karbohidrat dan nutrisi lainnya yang dibutuhkan oleh tubuh, terutama bagi penderita DM.

Pembuatan beras analog dari bahan umbi garut ini perlu adanya formulasi yang sesuai, sehingga dapat menghasilkan beras dengan mutu, rasa, dan karakteristik yang baik, serta menyerupai atau tidak berbeda dengan nasi dari beras padi, sehingga juga diperlukan suatu bahan tambahan. Namun, penggunaan bahan-bahan tambahan seringkali memicu kenaikan kadar glukosa darah menjadi lebih cepat, 30-32, 35, 36, 38 sehingga dianjurkan untuk menggunakan bahan tambahan yang ditengarai menekan hal negatif tersebut, yang salah satunya dapat diperoleh dari bunga sepatu (*Hibiscus rosa sinensis L.*).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arlita dkk., (2017) telah membuktikan bahwa ekstrak bunga sepatu tidak bersifat toksik dan dapat meningkatkan aktivitas makrofag penderita DM, yang mampu menurunkan kadar glukosa darah, sehingga kondisi hiperglikemia yang menimbulkan keadaan inflamasi dapat ditekan. Hal tersebut dimungkinkan karena zat antioksidan yang terkandung di dalam ekstrak bunga sepatu bekerja menyerupai aksi sulfonilurea.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menganalisis stabilitas, efektivitas, dan toksisitas formulasi beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea L.*) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis L.*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara *in vivo* pada sampel uji darah manusia (relawan). Sampel diuji dengan menggunakan perlakuan konsumsi glukosa murni sebagai standar, nasi padi, dan formula nasi analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu, seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokan sampel penelitian

No	Kelompok Sampel	Keterangan	Jumlah Sampel
1	K	Relawan dengan konsumsi glukosa murni	15
2	R1	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras padi	15
3	R2	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras analog F1	15
4	R3	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras analog F2	15
5	R4	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras analog F3	15
6	R5	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras analog F4	15
7	R6	Relawan dengan konsumsi nasi dari beras analog F5	15
Total Sampel			105

Relawan yang menjadi sampel/ subyek penelitian harus memenuhi kriteria: 1) individu sehat; 2) tidak menderita DM (kadar glukosa darah = 55-140 mg/dL); 3) nilai indeks



massa tubuh (IMT) berada dalam kisaran normal (18,5-25 kg/m²); dan 4) lolos *screening* gula darah.

Penentuan jumlah sajian nasi dari beras padi dan nasi dari beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu yang diberikan dihitung berdasarkan kesetaraan 25 gram karbohidrat glukosa murni. Kesetaraan tersebut dihitung menggunakan total karbohidrat *by difference* yang didapatkan pada uji analisis proksimat nasi dari beras padi maupun nasi dari beras analog. Jumlah nasi yang akan dikonsumsi ditentukan dengan rumus:

$$\text{Jumlah nasi (g)} = \frac{25 \text{ g karbohidrat}}{\text{kadar karbohidrat nasi}} \times 100 \text{ g}$$

Preparasi Bahan

Proses awal persiapan bahan dilakukan dengan mengumpulkan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) segar. Bahan yang telah diperoleh kemudian disortasi bawah dan dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel. Bahan yang telah bersih selanjutnya dirajang dan dikeringanginkan pada suhu kamar hingga mempunyai kadar air $\leq 10\%$. Bahan yang telah kering tersebut kemudian dihaluskan menjadi serbuk halus (*simplisia*), dan disimpan dalam wadah kering yang terhindar dari tempat lembab.

Pembuatan Beras Analog

Tepung umbi garut dicampur dengan serbuk bunga sepatu menggunakan pengaduk kering (*dry mixer*) sampai campuran bahan homogen. Variasi formulasi yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Formulasi beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu

Bahan Baku	Variasi Formulasi Beras Analog				
	F1	F2	F3	F4	F5
Umbi garut	60,4%	59,7%	59,1%	58,5%	57,8%
Bunga sepatu	2,5%	3,2%	3,8%	4,4%	5,1%
Mocaf	12,6%	12,6%	12,6%	12,6%	12,6%
GMS	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Air	23,9%	23,9%	23,9%	23,9%	23,9%

Keterangan:

F1, F2, F3, F4, F5 = formula beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu

Penambahan air diberikan dengan jumlah dan komposisi yang sesuai dengan bahan yang digunakan dilakukan menggunakan *mixer* sampai air bercampur rata, kemudian dilanjutkan dengan proses *conditioning*, sambal dipanaskan pada suhu 80°C selama 10 menit



hingga homogen dan membentuk adonan. Hasil pemasakan selanjutnya dimasukkan pada alat cetak *cold extrusion* sehingga menghasilkan butiran menyerupai beras. Pengaturan kondisi proses berupa kecepatan umpan bahan baku, *screw*, dan pisau akan mempengaruhi bentuk keras beras yang diinginkan. Pengeringan selanjutnya dilakukan dalam oven pada suhu 100°C selama 120 menit sampai diperoleh kadar air < 14%.

Uji Stabilitas Beras Analog

Uji stabilitas beras analog dilakukan dengan perhitungan rendemen dan pengujian fisik yaitu warna dan waktu tanak dari kelima formula yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan juga analisis kadar fenol dari semua formula yang ada, dan dilanjutkan dengan analisis daya cerna (DC) pati. Analisis DC pati *in vitro* didasarkan pada prinsip semakin tinggi daya cerna pati, maka akan semakin banyak pati yang dapat dihidrolisis dalam waktu tertentu. Kedua zat ini akan bereaksi dengan DNS (asam dinitrosalisilat) sehingga kadar keduanya dapat diukur secara spektrofotometri.

Hasil total fenol dan DC pati kemudian dibandingkan setiap formulanya. Hasil uji DC pati merupakan parameter utama dari tahap ini. Dari keempat perlakuan, yang memiliki DC pati terendah akan dilanjutkan dengan analisis IG. Pada produk beras analog terpilih dilakukan uji proksimat meliputi kadar air (SNI 01-2891-1992), abu (SNI 01-2891-1992), lemak (SNI 01-2891-1992), protein (AOAC), dan karbohidrat (*by difference*) untuk mengetahui karakteristik kimia beras analog yang dihasilkan.

Uji Indeks Glikemik (IG)

Kelima formula beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu yang telah diuji stabilitasnya kemudian dilakukan uji IG. Pada tahap ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu: 1) penetapan subyek relawan uji IG; 2) pengujian proksimat nasi dari beras analog terpilih untuk menentukan jumlah sajian sampel yang diberikan pada relawan; 3) perhitungan nilai energi beras maupun nasi analog; 4) pengujian nilai IG; dan 5) perhitungan nilai beban glikemik (BG).

Penentuan uji proksimat yang ditujukan untuk menentukan jumlah sajian sampel yang diberikan pada relawan didapatkan melalui perhitungan kesetaraan 25 gram karbohidrat *by difference*. Pangan standar yang digunakan adalah glukosa murni.

Screening Gula Darah

Screening gula darah bertujuan untuk mengetahui respon gula terhadap respon glukosa dari masing-masing relawan. Relawan yang dinyatakan lolos adalah yang mempunyai respon gula darah yang baik setelah puasa $\pm$ 12 jam sebesar 70-100 mg/dL atau yang mempunyai respon gula darah baik setelah 2 jam pengujian. Pada tahap *screening*, masing-masing relawan diminta untuk meminum sejumlah glukosa ($\pm$ 25 gram) yang dilarutkan dalam 200 ml air. Selama pengujian, relawan dikondisikan pada ruangan khusus serta diminta untuk tidak melakukan apapun. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir ketidakvalidan atau bias data.

Perekrutan subyek dilakukan melalui proses sosialisasi kegiatan penelitian kepada beberapa warga di Desa Mitra di Kelurahan Gedawang, Kecamatan Banyumanik, Kota



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Semarang. Relawan yang bersedia menjadi subyek, wajib mengikuti penjelasan secara lengkap. Jika setuju untuk meneruskan, subyek diminta untuk menandatangani *informed consent* tanpa adanya paksaan. Meskipun demikian, subyek tetap memiliki hak untuk mengundurkan diri apabila mereka menginginkannya.

Penentuan Indeks dan Beban Glikemik (IG dan BG)

Pengukuran IG dilakukan pada kondisi relawan telah melakukan puasa ± 12 jam (*overnight fasting*). Pengujian pertama dilakukan dengan memberikan glukosa murni sebagai standar. Sebanyak 25 gram glukosa dicampur dalam 200 ml air dan dikonsumsi oleh relawan, relawan diambil darahnya menggunakan alat pengukur gula darah pada menit ke-0 (sebelum diberi larutan glukosa), dan setiap 30 menit selama 2 jam, yaitu pada menit ke-30, 60, 90, dan 120. Pengukuran kadar gula darah dilakukan dengan menggunakan *Glucotest Easy Touch*.

Data gula darah relawan per 30 menit pada pengujian IG diolah dan disajikan dalam bentuk kurva, dan terdapat 5 data gula darah setiap subyek. Dari data tersebut diplotkan kadar gula darah. Luas daerah dibawah kurva tersebut dihitung menggunakan rumus integral maupun trapezoid. Pembagian kurva dilakukan untuk mempermudah perhitungan luasan dengan menggunakan rumus segitiga maupun trapesium yang disesuaikan dengan bentuk masing-masing kurva didapatkan 4 luasan. Keempat luasan kurva dijumlahkan dan didapat luasan kurva total. Untuk mendapatkan nilai IG, luasan kurva total nasi dari beras padi tersebut dibagi luasan kurva total glukosa murni yang digunakan sebagai standar relawan yang sama dan dikali 100.

Dihitung rata-rata IG nasi dari beras padi maupun nasi dari beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu sehingga dapat diketahui IG produk. Nilai IG dibandingkan dengan literatur, terbagi dalam kelompok IG tinggi ($IG > 70$), IG sedang ($70 > IG > 55$), atau IG rendah ($IG < 55$). Dari perhitungan nilai IG dapat diperoleh pula nilai beban glikemik (BG) produk. Nilai BG diperoleh dari perhitungan, dan lalu dikategorikan sebagai BG tinggi ($BG > 20$), BG sedang ($20 > BG > 10$), atau BG rendah ($BG < 10$).

$$\text{Indeks Glikemik (IG)} = \frac{\text{luasan area sampel nasi}}{\text{luasan area glukosa murni standar}} \times 100 \text{ g}$$

Ethical Clearance

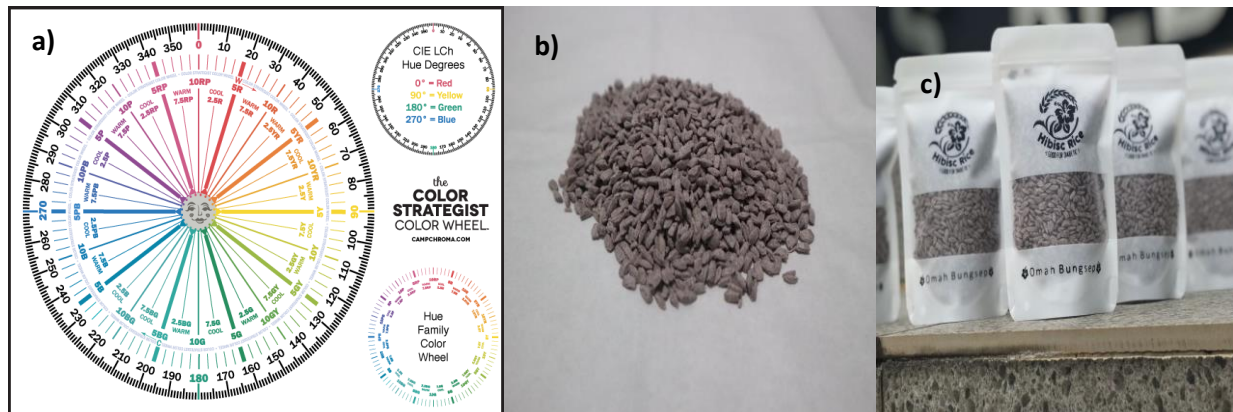
Ethical clearance diperoleh dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) yang telah dibuat berdasarkan 5 formula seperti yang disebutkan dalam Tabel 2., kemudian dilakukan uji analisis warna dengan Chromater CR 300 Minota, suatu alat untuk analisis warna secara tristimulus guna mengukur warna yang dipantulkan oleh suatu permukaan. Berdasarkan standar warna yang digunakan untuk menginterpretasi hasil analisis



warna menunjukkan bahwa beras analog yang dibuat dan digunakan dalam penelitian ini, secara keseluruhan (F1, F2, F3, F4, dan F5) berada pada warna *yellow-red* (Gambar 1.).



Gambar 1. a) Standar warna untuk uji analisis warna; b) hasil beras analog yang dihasilkan; c) beras analog yang telah dikemas

Berbagai formula beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) (F1, F2, F3, F4, dan F5) yang dibuat juga dilakukan uji daya cerna pati. Hasilnya menunjukkan bahwa daya cerna pati terendah adalah formula beras analog F5, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji daya cerna pati beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.)

Formula Beras Analog	Ulangan ke-	Hasil	Rerata
F1	1	57.47%	57.81%
	2	58.16%	
	3	57.80%	
F2	1	55.17%	61.90%
	2	66.33%	
	3	64.22%	
F3	1	56.32%	56.75%
	2	56.12%	
	3	57.80%	
F4	1	56.32%	57.93%
	2	57.14%	
	3	58.72%	
F5	1	57.47%	54.89%
	2	53.06%	
	3	54.13%	

Formula beras analog dengan daya cerna pati terendah (F5) kemudian dilanjutkan dengan uji karakteristik kimia berupa uji proksimat (kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat). Uji proksimat dilakukan guna menentukan kadar karbohidrat beras analog



sehingga dapat disetarakan dengan glukosa sebagai pangan standar pada saat pengujian IG. Pengujian proksimat dilakukan dalam bentuk nasi yang akan dikonsumsi oleh relawan. Kadar proksimat nasi analog yang berasal dari beras analog F5 selengkapnya disajikan Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji proksimat nasi analog yang berasal dari beras analog F5

No	Uji Proksimat Nasi Analog F5	Hasil (%)
1	Kadar air	7.18
2	Kadar abu total	3.97
3	Kadar lemak	2.72
4	Kadar protein	8.93
5	Kadar karbohidrat	57.62
6	Kadar sari larut etanol	20.07
7	Kadar sari larut air	29.83
8	Susut pengeringan	3.06
9	Densitas curah	0.63
10	Total fenol	0.25
11	Total serat pangan	5.25
12	Serat pangan larut	2.36
13	Serat pangan tidak larut	2.89

Uji IG kemudian juga dilakukan dengan menggunakan relawan yang telah memenuhi syarat-syarat pengukuran IG seperti sehat, non-diabetes, dan memiliki indeks massa tubuh (IMT) dalam kisaran normal ($18-25 \text{ kg/m}^2$) serta memiliki kadar gula darah puasa 60-100 mg/dL.

Indeks glikemik (IG) memberikan informasi kecepatan perubahan karbohidrat menjadi glukosa darah, tetapi tidak memberikan informasi mengenai banyaknya karbohidrat dan dampak pangan tertentu terhadap glukosa darah. Oleh karenanya, guna mengetahui banyaknya karbohidrat terhadap kenaikan glukosa dilakukan pengukuran beban glikemik. Beban glikemik (BG) memberikan informasi lebih lengkap mengenai pengaruh konsumsi aktual karbohidrat per saji terhadap peningkatan kadar gula darah yang ditunjukkan oleh IG. Nilai IG dan BG nasi analog yang berasal dari beras analog F5 jika dibandingkan dengan nasi putih biasa yang berasal dari beras padi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai IG dan BG nasi analog yang berasal dari beras analog F5

Sampel	Karbohidrat (gram/ takaran saji)	IG	Kategori IG	BG	Kategori BG
Nasi analog F5 (150 gram)	55.62	48.36	Rendah	9.33	Rendah
Nasi putih (150 gram)	66.21	103.99	Tinggi	27.80	Tinggi

Keterangan:



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

IG : Indeks glikemik

BG : Beban glikemik

DISKUSI

Formulasi beras analog seperti disajikan pada Tabel 2. merupakan tahap awal dalam proses pembuatan beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.). Tahapan ini bertujuan untuk membuat campuran bahan baku beras analog dengan komposisi yang diinginkan agar dihasilkan beras analog sesuai tujuan pembuatan. Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan beras analog ini berupa tepung umbi garut dan bunga sepatu. Tepung umbi garut digunakan karena memiliki kandungan gizi berupa protein, lemak, serat kasar, amilosa, kadar karbohidrat 25-30%, dan kandungan pati $\pm 20\%$. Selain itu, umbi garut juga mempunyai manfaat bagi kesehatan karena indeks glikemiknya yang rendah (IG =14) jika dibandingkan dengan beras, terigu, kentang, dan ubi kayu/ singkong, sehingga dapat dimanfaatkan bagi penderita diabetes melitus (DM) sebagai salah satu upaya terapi non-farmakologis.¹²⁻¹⁴

Formula tepung yang digunakan harus mengandung cukup fraksi pati yang nantinya akan tergelatinisasi dan mengikat kuat produk, sedangkan penggunaan bunga sepatu yang dijadikan tepung didasarkan pada kandungan senyawa yang dimilikinya. Senyawa tersebut bersifat sebagai antioksidan, yaitu steroid, alkaloid, fenolik, saponin, dan tanin. Komponen tersebut bekerja menyerupai aksi sulfonilurea yang mampu mengendalikan kondisi hiperglikemia sehingga memperbaiki abnormalitas sistem imun yang terjadi.^{15, 16} Ekstrak etanol bunga sepatu juga dapat menurunkan kadar glukosa darah sehingga kondisi hiperglikemia dapat ditekan. Senyawa antioksidan dalam bunga sepatu juga memiliki peranan penting dalam mengurangi reaktivitas radikal bebas yang mampu merusak jaringan dan organ tubuh seperti penyakit degeneratif, yang salah satunya adalah DM.^{15, 20-23}

Bahan lain yang ditambahkan pada pembuatan beras analog ini adalah air. Air merupakan faktor penting dalam pembentukan beras analog, karena air berperan dalam proses *pre-conditioning* (tahap kedua dalam pembuatan beras analog berbahan umbi garut dan bunga sepatu). Jumlah air yang ditambahkan adalah 23,9% dari jumlah keseluruhan bahan yang digunakan. *Pre-conditioning* mempunyai peran penting pada proses ekstrusi secara keseluruhan karena dapat meningkatkan homogenitas hidrasi partikel dan mengurangi waktu tinggal adonan di dalam ekstruder. Pada tahap ini, campuran bahan baku hasil formulasi dipertahankan pada kondisi hangat (suhu 80-90°C) dan basah selama jangka waktu tertentu, dan kemudian dialirkan ke ekstruder. Pencampuran yang baik dibutuhkan agar terjadi kontak antara permukaan partikel dengan air dan *steam* yang ditambahkan. Waktu tinggal yang cukup diperlukan guna memberi kesempatan terjadinya difusi uap air dan perpindahan panas dari permukaan ke bagian dalam partikel, sehingga dengan demikian campuran bahan baku beras analog akan terplastisi di dalam alat *pre-conditioning* dan dapat dialirkan ke ekstruder.^{32, 39}

Penggunaan tepung pati garut menyebabkan beras analog yang terbentuk menjadi bersifat lengket atau memiliki kemampuan merekat yang sangat baik. Hal ini karena kandungan amilopektinnya yang tinggi, yaitu sebesar 75-80%. Kandungan amilosa dan



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

amilopektin menentukan sifat dari beras dan nasi yang dihasilkan, seperti tingkat kepulenan dan fungsional nasi, pengolahan beras, serta pemanfaatan, mutu, dan penerimaan beras oleh konsumen. Hal itu terjadi karena perbandingan antara kandungan amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi perubahan sifat fisik dan kimia pati selama proses. Amilosa bersifat hidrofobik (yang mengandung hidroksil) sehingga mempunyai kemampuan membentuk ikatan hidrogen dan bersifat larut air. Rantai lurus yang bersifat amorf pada amilosa membatasi akses β -amilase ke dua terminal unit glukosa pada rantai amilosa di dalam usus halus karena membentuk lipatan. Sebaliknya, amilopektin mempunyai banyak rantai cabang dan memberikan lebih banyak terminal unit glukosa sehingga mudah mengalami retrogradasi dan membentuk struktur yang keras jika suhu telah mengalami penurunan.³² Pada proses ekstrusi, sifat ini akan mengurangi pengembangan produk. Amilopektin lebih mudah diputus ikatannya dan mengalami laju tergradasi yang lebih lama jika dibandingkan dengan amilosa. Berbanding terbalik dengan amilosa, pengembangan produk pada proses ekstrusi meningkat dengan adanya amilopektin. Tepung pati garut mempunyai kandungan protein dan lemak rendah, sehingga baik dalam menghambat pembentukan pati resisten. Selain itu, interaksi antara protein dan pati dapat mengurangi kadar pati resisten. Interaksi lemak dan pati terjadi pada kompleks amilosa-pati *enzyme-degradable*. Selain itu, tepung umbi garut banyak mengandung serat pangan yang terdiri dari fraksi polisakarida, sehingga mempengaruhi perubahan struktur dan sifat kimia beras analog yang dihasilkan, karena ikatan kovalen dan non-kovalen antar karbohidrat yang menyertai serat terputus dan membentuk molekul-molekul yang lebih larut.^{32, 39}

Beras analog yang terbentuk akan dapat dipertahankan bentuk berasnya dengan baik apabila campuran antara tepung, air, dan bahan tambahan lainnya mempunyai formulasi yang tepat. Salah satu bahan tambahan yang digunakan untuk tujuan itu yaitu tepung mocaf (*modified cassava flour*), suatu produk tepung dari ubi kayu/ singkong yang diproses secara fermentasi. Penambahan tepung mocaf sebanyak 12,6% dilakukan guna memperbaiki tekstur beras analog sehingga diharapkan dapat mengurangi kelengketan, karena tepung mocaf mempunyai kadar lemak yang cukup tinggi, yaitu 10,63%. Selain itu, tepung mocaf ini memiliki kadar serat pangan yang tinggi (20%), mempunyai karakteristik menyerupai tepung terigu (putih, lembut, dan tidak berbau singkong), serta mempunyai kandungan kadar air 6,9%, kadar protein 1,2%, kadar abu 0,4%, karbohidrat 87,3%, kadar serat 3,4%, dan kadar lemak 0,4%. Oleh karena itu, penggunaannya dalam beras analog dapat meningkatkan kandungan kadar serat pangan sehingga diharapkan dapat menghambat aktivitas enzim pencernaan dan laju makanan pada saluran pencernaan. Hal ini mengakibatkan proses pencernaan menjadi lambat dan respon glukosa darah pun akan lebih rendah.^{32, 39, 40, 44}

Pembuatan beras analog memerlukan adanya bahan pengikat (*binder*), yaitu GMS (gliserol monostearate). GMS merupakan *emulsifier* yang berupa surfaktan non-ionik (zat amfifil yang molekulnya terdiri dari 2 bagian, yaitu hidrofil dan lipofil) dengan nama IUPAC 2,4-dihidroksipropil oktadekanoat. Senyawa ini secara alami terdapat dalam tubuh manusia dan produk berlemak. Zat ini apabila dilarutkan dalam air tidak memberikan ion (bersifat sebagai *stabilizer*), dan kelarutannya dalam air disebabkan oleh adanya bagian dari molekul yang mempunyai afinitas terhadap pelarut (air). GMS merupakan ester gliserol dengan asam lemak stearat.³² Pada pembuatan beras analog, GMS akan berikatan dengan amilosa



membentuk kompleks inklusi heliks yang dapat mencegah granula pati mengembang dan menyebabkan berkurangnya kekuatan pengembangan dan kelarutan. Hal tersebut dapat terjadi karena lapisan yang tidak larut air dapat terbentuk pada permukaan granula pati sehingga menunda transport air menuju granula. Penambahan GMS pada proses *hot extrusion* dapat mengurangi indeks kelarutan dalam air dan pengembangan produk, tetapi meningkatkan indeks penyerapan air sehingga mempengaruhi bentuk dan kualitas beras analog yang dihasilkan.^{32, 39}

Proses pembuatan beras analog dilakukan menggunakan *hot extrusion* karena dapat menghasilkan bentuk beras yang menyerupai bentuk beras padi, yaitu bulat lonjong. Proses ini biasanya juga digunakan untuk memproduksi berbagai produk serelia, *confectionary*, dan produk-produk berbasis protein, akan tetapi produknya tidak mengembang seperti halnya *puffed cereal*, karena jumlah air yang ditambahkan cukup banyak. Kadar air bahan yang tinggi akan mencegah terjadinya *viscous dissipation* yang akan menyebabkan terjadinya kenaikan tekanan sehingga produk yang dihasilkan tidak mengembang. Pada tahap ekstrusi, bahan-bahan yang telah disusun dalam formula beras analog ‘dipaksa’ mengalir dibawah pengaruh kondisi operasi melalui suatu cetakan yang dirancang guna membentuk hasil ekstrusi dalam waktu singkat. Alat yang digunakan berupa ekstruder berfungsi sebagai gelatinisasi, pemotongan molekuler, pencampuran, sterilisasi, pembentukan, dan pengeringan. Kombinasi satu atau lebih dari fungsi-fungsi tersebut merupakan hal yang tidak terpisahkan dalam proses ekstrusi.^{32, 39}

Tahap ekstrusi adonan akan mengalami proses homogenisasi lebih lanjut, pengaliran (*shearing*), dan pembentukan ketika keluar dari *die*. Proses degradasi pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil diminimalkan sehingga fungsi beras analog sebagai sumber karbohidrat tetap dapat dipertahankan. Selama ekstrusi, pati mengalami perubahan fisikokimia yang jauh berbeda dari sifat produk awalnya, yaitu pati tergelatinisasi dan protein terdenaturasi, sehingga menghasilkan sifat fungsional baru.³⁹ Hasil cetakan melalui *die* kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 65-80°C selama 2 jam hingga kering dan mencapai kadar air <15% agar beras analog dapat disimpan lebih lama (memiliki umur simpan yang cukup panjang).

Beras analog yang dihasilkan dilakukan uji analisis warna menggunakan CS-10 Colorimeter. Analisis warna dilakukan guna mengetahui derajat putih atau kecerahan beras berdasarkan nilai L dan skema warna beras berdasarkan nilai a dan b. Pengukuran warna mempunyai 3 parameter, yaitu: 1) notasi L yang menyatakan parameter kecerahan (*Lightness*), yang artinya warna kromatik yang menunjukkan 0 (hitam) hingga 100 (putih); 2) notasi a menyatakan warna kromatik campuran merah hijau ($a^+ = 0 - 100$ untuk warna merah, $a^- = 0 - (-80)$ untuk warna hijau); dan 3) notasi b menyatakan warna kromatik campuran biru kuning ($b^+ = 0 - 70$ untuk warna kuning, $b^- = 0 - (-70)$ untuk warna biru).

Kelima formula beras menunjukkan bahwa daerah kisaran warna kromatisitasnya adalah *yellow-red* dan mempunyai nilai $^{\circ}\text{Hue}$ pada *range* 36-53. Nilai L keseluruhan formula beras analog berada pada kisaran 37-49 yang menunjukkan bahwa bahan baku beras yang digunakan berwarna kusam atau dapat dikatakan tidak/ bukan berwarna putih. Beras analog tersebut juga memiliki nilai a dan b positif (+), yang menunjukkan bahwa bahan baku beras



memiliki warna mendekati warna merah dan kuning. Warna beras tersebut disebabkan karena adanya penambahan tepung garut dan mocaf yang berwarna putih kekuningan serta penambahan tepung bunga sepatu berwarna kemerahan, sehingga perpaduan kedua warna tersebut menimbulkan spektrum warna seperti hasil uji analisis warna, yaitu *yellow-red*.

Uji daya cerna pati yang dilakukan pada kelima formula beras analog memberikan gambaran secara tidak langsung dalam hidrolisis pati oleh enzim pencernaan manusia. Analisis daya cerna pati merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan modifikasi pati. Pati dihidrolisis dengan menggunakan enzim α -amilase menjadi molekul yang lebih sederhana. Hasil akhir reaksi enzimatis diukur sebagai maltosa yang merupakan molekul disakarida. Penurunan daya cerna pati menunjukkan bahwa konsentrasi maltosa dalam sampel terkategori rendah, sehingga pati lebih susah dihidrolisis oleh enzim α -amilase.

Hasil uji menunjukkan bahwa keseluruhan formula beras analog mempunyai nilai daya cerna pati terendah (Tabel 3.). Hasil tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan pati garut alami (84.33%). Pati memiliki gugus hidrogen sehingga dapat membentuk ikatan pati-polifenol yang kompleks. Ikatan tersebut dapat menghambat hidrolisis oleh enzim α -amilase sehingga pati lebih tahan untuk dicerna dan dapat menurunkan nilai daya cerna pati. Polifenol juga dapat menghambat aktivitas enzim pencernaan terutama tripsin dan amilase, sehingga dapat menurunkan daya cerna pati. Enzim α -amilase terlibat dalam pemecahan pati menjadi disakarida dan oligosakarida, lalu selanjutnya enzim α -glukosidase dalam usus mengkatalisis pemecahan disakarida guna membebaskan glukosa yang kemudian diserap dalam sirkulasi darah. Penghambatan enzim ini akan memperlambat pemecahan pati di saluran gastrointestinal sehingga mengurangi hiperglikemia.³⁰⁻³²

Kandungan amilosa dalam pati diduga mempunyai korelasi dengan nilai daya cerna pati. Amilosa yang merupakan polimer glukosa yang mempunyai struktur tidak bercabang, sehingga mudah berikatan dengan sesamanya membentuk struktur yang kompak melalui ikatan hidrogen. Struktur tersebut menjadikan amilosa lebih sukar dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan, sehingga daya cerna patinya rendah. Hal tersebut mampu menjadikan kadar glukosa dalam darah tidak mengalami kenaikan secara drastis sesaat setelah makanan tersebut dicerna dan dimetabolisme tubuh. Penghambatan pencernaan karbohidrat berkorelasi dengan penambahan antosianin, karena antosianin dapat menunda hidrolisis pati sehingga struktur pati menjadi kompleks dan akan terjadi perubahan kerentanan enzim. Hal ini mampu menjelaskan bahwa penambahan tepung bunga sepatu yang terbukti tinggi kandungan antosianin pada pembuatan beras analog dapat menyebabkan rendahnya nilai daya cerna pati.³⁵

F5 merupakan beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) yang mempunyai daya cerna pati terendah, yaitu sebesar 54.89% (Tabel 3.). Oleh karena itu, pada beras analog F5 kemudian dilakukan uji proksimat. Hal ini dilakukan untuk menentukan kadar karbohidrat beras analog sehingga dapat disetarakan dengan glukosa sebagai pangan standar pada saat pengujian IG. Pengujian proksimat dilakukan dalam bentuk nasi analog yang telah dimasak, sehingga diperoleh jumlah nasi yang akan dikonsumsi oleh relawan. Hasil analisis diperoleh kadar karbohidrat (*by difference*) nasi



analog yang berasal dari beras analog F5 adalah 55.62%, sedangkan nasi putih yang berasal dari beras padi adalah 66.21%. Nasi analog F5 lebih rendah kadar karbohidrat dibandingkan dengan nasi putih yang berasal dari beras padi, kemungkinan diduga karena penggunaan tepung umbi garut dan bunga sepatu.

Uji IG dilakukan pada relawan yang telah memenuhi syarat-syarat pengukuran IG, seperti sehat, non-diabetes dan memiliki indeks massa tubuh (IMT) dalam kisaran normal 19-25 kg/m², serta memiliki kadar gula darah puasa 60-100 mg/dL. Indeks glikemik merupakan area di bawah kurva dari respon glukosa terhadap makanan yang mengandung karbohidrat dibandingkan dengan kadar glukosa standar dalam jumlah tertentu. Penggunaan kesetaraan 25g glukosa merupakan modifikasi pemberian pangan uji yang disarankan (50g karbohidrat). Hal tersebut tidak akan mempengaruhi respon IG pangan jika kontrol yang digunakan mengandung karbohidrat yang jumlahnya setara dengan kandungan karbohidrat pangan uji. Nasi analog F5 mempunyai nilai IG yang lebih rendah (48.36) jika dibandingkan dengan nasi putih yang berasal dari beras padi (103.99). Hal ini dapat dikarenakan komponen gizi yang terkandung pada beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) F5. Kandungan fenolik pangan larut kemungkinan mempengaruhi nilai IG yang dihasilkan. Selain itu, faktor lain yang juga mempengaruhi nilai IG tersebut diantaranya adalah proses pengolahan, kadar serat pangan, daya cerna pati, kadar amilosa dan amilopektin, kadar lemak dan protein, kadar gula dan daya osmotik pangan, serta kadar antigizi pangan. Selain itu, jumlah konsumsi, usia serta jenis kelamin juga dapat mempengaruhi respon glukosa terhadap gula darah.

Senyawa fitokimia seperti fenolik merupakan antioksidan yang mempunyai kemampuan menurunkan IG pangan melalui proses penghambatan enzim α -amilase oleh α -amilase inhibitor. Mekanisme penghambatannya dilakukan dengan memblok jalan masuk substrat ke sisi aktif enzim sehingga akan mengganggu daya cerna karbohidrat dan berdampak pada penurunan penyerapan kadar gula darah secara cepat.^{35, 36, 38} Oleh karena adanya mekanisme tersebut, senyawa fenolik yang terkandung dalam beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) mampu menurunkan daya cerna pati dan mengakibatkan penurunan nilai IG.

Serat pangan sebagai komponen yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim akan membentuk matriks di luar granula pati sehingga dapat menghambat pencernaan karbohidrat. Serat pangan terutama serat pangan larut memiliki kemampuan menurunkan respon glukosa darah karena 1) adanya peningkatan viskositas di lambung maupun intestin sehingga menyebabkan penurunan jumlah karbohidrat yang dapat dicerna (*barrier* terhadap enzim) dan gula sederhana yang dapat diserap; 2) serat makanan menyebabkan perubahan level hormon di saluran pencernaan, penyerapan zat gizi, dan sekresi insulin; 3) serat makanan membantu meningkatkan sensitivitas insulin, menstabilkan level gula darah sehingga melindungi komplikasi akibat diabetik.^{35, 36, 38} Nilai IG yang rendah pada beras analog berbahan tepung umbi garut dan bunga sepatu juga dapat disebabkan karena bahan baku pembuatannya mempunyai nilai IG yang rendah juga, yaitu umbi garut (IG = 14).

Protein juga sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi nilai IG beras analog. Kandungan protein dapat membentuk matriks pangan dengan amilosa dan memperlambat



laju pengosongan lambung sehingga dapat menurunkan daya cerna.^{35, 36, 38} Kadar protein yang terkandung pada nasi analog F5 diketahui lebih tinggi (8.93%) daripada nasi putih yang berasal dari beras padi (7.40%).

Klasifikasi IG pangan diantaranya yaitu IG rendah ($IG < 55$), IG sedang ($55 < IG < 70$), dan IG tinggi ($IG > 70$). Berdasarkan klasifikasi tersebut, IG pada nasi analog ini termasuk dalam kategori rendah (48.36). Karbohidrat pada pangan yang memiliki IG rendah akan dipecah dan diabsorpsi dengan lambat, sehingga menghasilkan peningkatan glukosa darah dan insulin secara lambat dan bertahap. Pangan dengan IG rendah mempunyai korelasi dengan penurunan kejadian penyakit diabetes melitus (DM) karena dapat mengendalikan rasa lapar, nafsu makan, kadar gula darah, dan menurunkan berat badan.^{35, 36, 38}

Selain IG yang memberikan informasi kecepatan perubahan karbohidrat menjadi glukosa darah, meskipun tidak memberikan informasi mengenai banyaknya karbohidrat dan dampak pangan tertentu terhadap glukosa darah, salah satu cara yang juga dapat ditempuh guna mengetahui banyaknya karbohidrat terhadap kenaikan glukosa dapat dilihat dari beban glikemik. Beban glikemik (BG) memberikan informasi lebih lengkap mengenai pengaruh konsumsi aktual karbohidrat per saji terhadap peningkatan kadar gula darah yang ditunjukkan oleh IG. Nilai BG berbanding lurus dengan nilai kandungan karbohidrat, yang berarti bahwa semakin tinggi kandungan karbohidrat, maka semakin besar BG makanan tersebut dengan IG yang sama. Manfaat BG didasarkan pada ide bahwa makanan dengan IG tinggi tetapi dengan jumlah kecil akan memiliki efek yang sama dengan makanan yang mempunyai IG rendah dalam jumlah lebih banyak. Kecepatan peningkatan kadar gula darah berbeda untuk setiap jenis makanan, sehingga dianjurkan meningkatkan konsumsi makanan dengan IG rendah. Hal ini bertujuan untuk mengurangi BG makanan secara keseluruhan. Klasifikasi BG pangan yaitu BG rendah (≤ 10), BG sedang (11-19), dan BG tinggi (≥ 20). Semakin tinggi nilai BG maka efek kenaikan kadar gula darah akan semakin besar. Konsumsi dalam jangka panjang terhadap pangan dengan BG yang tinggi mempunyai korelasi dengan DM tipe 2.^{28-30, 35, 36, 38} Nilai BG pada nasi analog berbahan tepung umbi garut dan bunga sepatu ini lebih rendah (9.33) daripada nasi putih yang berasal dari beras padi (27.80) menunjukkan bahwa konsumsi nasi analog pada jumlah yang sama dengan nasi putih akan lebih lambat menaikkan kadar glukosa darah.

KESIMPULAN

- 1) Beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) yang memiliki komposisi dan tekstur terbaik adalah F5 dengan formula umbi garut 57.8%, bunga sepatu 5.1%, mocaf 12.6%, GMS 0.6%, dan air 23.9%.
- 2) Beras analog berbahan umbi garut (*M. arundinacea* L.) dan bunga sepatu (*H. rosa sinensis* L.) dapat menurunkan kadar glukosa darah (mg/dL), mempertahankan berat badan penderita DM, menekan efek hiperglikemi, tidak bersifat toksik, serta meringankan derajat kerusakan pankreas, hepar, dan ginjal penderita DM.

DAFTAR PUSTAKA

Chew BH, Vos RC, Metzendorf M-I, Scholten RJ, Rutten GE. Psychological interventions for diabetes-related distress in adults with type 2 diabetes mellitus. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 22];9(9):CD011469-CD011469. Available



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6483710/>

- Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, Malanda B, Karuranga S, Unwin N, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice* [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 11]; 157:107843. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822719312306>
- Toniolo A, Cassani G, Puggioni A, et al. The diabetes pandemic and associated infections: suggestions for clinical microbiology. *Rev Med Microbiol* [Internet]. 2019 [cited 2019 Oct 24];30(1):1-17. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6319590/>
- Wang Y-W, He S-J, Feng X, Cheng J, Luo Y-T, Tian L, et al. Metformin: a review of its potential indications. *Drug Des Devel Ther* [Internet]. 2017 [cited 2020 Feb 11]; 11:2421-9. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451847620300063>
- Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* [Internet]. 2002 [cited 2020 Feb 24];346(6):393-403. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1370926/>
- Jablonski KA, McAteer JB, de Bakker PIW, Franks PW, Pollin TI, Hanson RL, et al. Common variants in 40 genes assessed for diabetes incidence and response to metformin and lifestyle intervention in the diabetes prevention program. *Diabetes* [Internet]. 2010 [cited 2020 Feb 24];59(10):2672-81. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3279522/>
- McMacken M, Shah S. A plant-based diet for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *J Geriatr Cardiol* [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 24];14(5):342-354. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5466941/>
- Hassan FI, Niaz K, Khan F, Maqbool F, Abdollahi M. The relation between rice consumption, arsenic contamination, and prevalence of diabetes in South Asia. *EXCLI J* [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 24]; 16:1132-1143. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5735331/>
- Guzman MKd, Parween S, Butardo VM, et al. Investigating glycemic potential of rice by unraveling compositional variations in mature grain and starch mobilization patterns during seed germination. *Sci Rep* [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 25];7(1):5854-5854. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5517638/>
- Osman NMH, Yusof B-N, Ismail A. Estimating Glycemic Index of Rice-Based Mixed Meals by Using Predicted and Adjusted Formulae. *Elsevier* [Internet]. 2017 [cited 2020 Feb 24];24(5):274-82. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630817300513>
- Budijanto S. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensori Beras Analog Berbasis Bahan Pangan Non Beras. *Jurnal Pangan* [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 25];26(1):12. Available from: <https://jurnalpangan.com/index.php/pangan/article/view/347>
- Amalia, Balittro. Umbi Garut sebagai Alternatif Pengganti Terigu untuk Individual Autistik. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* [Internet]. 2014 [cited 2020 Sep 25]; 20(2):30-1. Available from: <http://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/umbi-garut-sebagai-alternatif-pengganti-terigu-untuk-individual-autistik/>



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

- Afiune LAF, Leal-Silva T, Sinzato YK, et al. Beneficial effects of *Hibiscus rosa sinensis* L. flower aqueous extract in pregnant rats with diabetes. PLoS One [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 24];12(6):e0179785-e0179785. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5482446/>
- Rachmadani AD, Estiasih T. Beras Analog Berbasis Umbi Garut (*Maranta arundinaceae* L.) dan Alginat sebagai Pangan Berkhasiat Obat (Medicinal Foods) yang Diujikan pada Tikus Hiperglikemik [Thesis]. Malang (Indonesia): Universitas Brawijaya; 2008 [cited 2020 Feb 14]. Available from: <http://repository.ub.ac.id/149225/>
- Candra IPR. Pengaruh Sediaan Gel Ekstrak Daun Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa sinensis* Linn.) terhadap Waktu Penyembuhan Luka pada Tikus Putih Galur Wistar dengan Diabetes Mellitus [Thesis]. Bali (Indonesia): Universitas Udayana; 2015 [cited 2020 Feb 14]. Available from: <https://www.unud.ac.id/en/tugas-akhir1102106001.html>
- Pakaya D, Dewi M, Antari AL, Saraswati I. Ekstrak *Hibiscus rosa sinensis* L. Memperbaiki Kadar Glukosa Darah Puasa dan Jumlah Sel Mast pada Model Tikus Diabetes Terinfeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Jurnal Farmasi Galenika [Internet]. 2019 [cited 2020 Mar 03];6(1):14-9. Available from: <https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/Galenika/article/view/13930>
- De Paoli M, Werstuck GH. The role of estrogen in diabetes mellitus: a review of clinical and pre-clinical data. Canadian Journal of Diabetes [Internet]. 2020 [cited 2020 Feb 25];4(5):448-52. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1499267120300034>
- Venkatakrishnan K, Chiu H-F, Wang C-K. Popular functional foods and herbs for the management of type-2-diabetes mellitus: A comprehensive review with special reference to clinical trials and its proposed mechanism. Journal of Functional Foods [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 26]; 57:425-38. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175646461930218X>
- McGuire DK, Marx N. Definition and Epidemiology of Type 2 Diabetes Mellitus. Diabetes in Cardiovascular Disease: A Companion to Braunwald's Heart Disease. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2015. p. 1-9 [cited 2020 Feb 26]. Available from: Clinical Key.
- Dhananjayan I, Kathirolu S, Subramani S, Veerasamy V. Ameliorating effect of betanin, a natural chromoalkaloid by modulating hepatic carbohydrate metabolic enzyme activities and glycogen content in streptozotocin – nicotinamide induced experimental rats. Biomedicine & Pharmacotherapy [Internet]. 2017 [cited 2020 Apr 20]; 88:1069-79. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332216322661>
- Rashid U, Khan MR, Sajid M. Antioxidant, anti-inflammatory and hypoglycemic effects of *Fagonia olivieri* DC on STZ-nicotinamide induced diabetic rats - In vivo and in vitro study. Journal of Ethnopharmacology [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 29]; 242:112038. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874119308979>
- Chao P-C, Li Y, Chang C-H, Shieh JP, Cheng J-T, Cheng K-C. Investigation of insulin resistance in the popularly used four rat models of type-2 diabetes. Biomedicine & Pharmacotherapy [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 29]; 101:155-61. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332217363801>
- McGuire DK, Marx N. Insulin Resistance: Pathophysiology, Molecular Mechanisms, Genetic Insights. In: Häring H-U, Gallwitz B, editors. Diabetes in Cardiovascular Disease: A Companion to Braunwald's Heart Disease. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2015. p. 10-



23 [cited 2020 Feb 26]. Available from: Clinical Key.

- Pamungkas RA, Chamroonsawasdi K. Self-management based coaching program to improve diabetes mellitus self-management practice and metabolic markers among uncontrolled type 2 diabetes mellitus in Indonesia: A quasi-experimental study. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* [Internet]. 2020 [cited 2020 Feb 26];14(1):53-61. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871402119305831>
- Arun G, Rajaram R, Kaleshkumar K, Gayathri N, Sivasudha T, Kandasamy S. Synergistic effect of novel chitosan combined metformin drug on streptozotocin-induced diabetes mellitus rat. *International Journal of Biological Macromolecules* [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 22]; 153:1335-49. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019378456>
- Eyileten C, Mirowska-Guzel D, Milanowski L, Zaremba M, Rosiak M, Cudna A, et al. Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor is Related to Platelet Reactivity and Metformin Treatment in Adult Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Canadian Journal of Diabetes* [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 26];43(1):19-26. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1499267117307347>
- Brenner GM, Stevens CW. *Drugs for Diabetes*. Brenner and Stevens' Pharmacology. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2018. p. 399-411 [cited 2020 Feb 26]. Available from: Clinical Key
- Zhang DA, Katznelson L, Li M. Postprandial glucose monitoring further improved glycemia, lipids, and weight in persons with type 2 diabetes mellitus who had already reached hemoglobin A1c goal. *J Diabetes Sci Technol* [Internet]. 2012 [cited 2019 Oct 25];6(2):289-293. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3380769/>
- Burch E, Ball L, Somerville M, Williams LT. Dietary intake by food group of individuals with type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice* [Internet]. 2018 [cited 2020 Sep 25]; 137:160-72. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822717317588>
- Septianingrum E, Liyanan, Kusbiantoro B. Review Indeks Glikemik Beras: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi dan Keterkaitannya terhadap Kesehatan Tubuh. *Jurnal Kesehatan* [Internet]. 2016 [cited 2020 Apr 03];1(1):1-9. Available from: <http://journals.ums.ac.id/index.php/JK/article/view/3434>
- Maulani RR, Hidayat T, editors. *Pengembangan Pati Garut (Maranta arundinacea L.) sebagai Pati Resisten Tipe IV*. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil PPM IPB 2016; 2016 [cited 2020 Apr 03]: IPB. Available from: <https://lppm.ipb.ac.id/wp-content/uploads/2017/06/B604.pdf>
- Darmanto, Riyadi PH, Susanti S. *Beras Analog Super*. Semarang: Undip Press; 2017. p. 15-29.
- Antari AL, Pakaya D, Saraswati I, Annisaa' E, Utomo AW. The Effect of Hibiscus rosa-sinensis L. Extract on Improvement of Macrophage Phagocytosis Activity. *International Journal of Medical Science and Dental Research* [Internet]. 2019 [cited 2020 Mar 05];02(02):08-13. Available from: <https://ijmsdr.org/pages/Volume%201%20issue4.html>
- Chae H-S, You BH, Choi J, Chin Y-W, Kim H, Choi HS, et al. Ginseng berry extract



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

- enhances metformin efficacy against obesity and hepatic steatosis in mice fed high-fat diet through increase of metformin uptake in liver. *Journal of Functional Foods* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 22]; 62:103551. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175646461930475X>
- Tibaldi J. Achieving Glycemic Goals with Addition of Incretin-based Therapies to Insulin in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *The American Journal of the Medical Sciences* [Internet]. 2014 [cited 2020 Nov 07];347(6):491-501. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002962915303190>
- McAdam-Marx C, Mukherjee J, Bellows BK, Unni S, Ye X, Iloeje U, et al. Evaluation of the relationship between weight change and glycemic control after initiation of antidiabetic therapy in patients with type 2 diabetes using electronic medical record data. *Diabetes Research and Clinical Practice* [Internet]. 2014 [cited 2020 Nov 07];103(3):402-11. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822713004725>
- Mamun A, Islam S, Alam AK, Rahman MA, Rashid M. Effects of Ethanolic Extract of *Hibiscus rosa sinensis* Leaves on Alloxan-Induced Diabetes with Dyslipidemia in Rats. *BPJ* [Internet]. 2013 [cited 2020 Oct 26];16(1):27-1. Available from: <https://www.banglajol.info/index.php/BPJ/article/view/14487>
- Yeboah P, Hsu F-C, Bertoni AG, Yeboah J. Body Mass Index, Change in Weight, Body Weight Variability and Outcomes in Type 2 Diabetes Mellitus (from the ACCORD Trial). *The American Journal of Cardiology* [Internet]. 2019 [cited 2020 Oct 26];123(4):576-81. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002914918320976>
- Ratnaningsih N, Nugraheni M, Handayani THW, Chayati I. Teknologi Pengolahan Pati Garut dan Diversifikasi Produk Olahannya dalam Rangka Peningkatan Ketahanan Pangan. *Inoteks* [Internet]. 2010 [cited 2020 Oct 26];14(2):192-207. Available from: <https://journal.uny.ac.id/index.php/inotek/article/view/2296>
- Novitasari D., Sunarti, Farmawati A. Emping Garut (*Maranta arundinacea* Linn) sebagai Makanan Ringan dan Kadar Glukosa Darah, Angiotensin II Plasma serta Tekanan Darah pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2). *Media Medika Indonesiana* [Internet]. 2011 [cited 2020 Oct 26];45(1):53-8. Available from: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mmi/article/view/3248>
- Nakamaru Y, Hayashi Y, Davies M, Jürgen Heuer H, Hisanaga N, Akimoto K. Investigation of Potential Pharmacokinetic Interactions Between Teneligliptin and Metformin in Steady-state Conditions in Healthy Adults. *Clinical Therapeutics* [Internet]. 2015 [cited 2020 Nov 27];37(9):2007-18. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149291815009212>
- Wen J, Zeng M, Liu Z, Zhou H, Xu H, Huang M, et al. The influence of telmisartan on metformin pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Journal of Pharmacological Sciences* [Internet]. 2019 [cited 2020 Oct 28];139(1):37-41. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1347861318302081>
- Syamsul ES, Nugroho AE, Pramono S. The antidiabetics of combination metformin and purified extract of *Andrographis paniculata* (Burn). *F. NESS in high fructose-fat fed rats. Majalah Obat Tradisional* [Internet]. 2015 [cited 2020 Oct 26];16(3):9. Available from: <https://journal.ugm.ac.id/TradMedJ/article/view/8049>
- Yuniastuti A, Susanti R, Iswari RS. Efek Infusa Umbi Garut (*Marantha arundinaceae* L)



terhadap Kadar Glukosa dan Insulin Plasma Tikus yang Diinduksi Streptozotocyn. Jurnal MIPA [Internet]. 2018 [cited 2020 Oct 26];41(1):34-9. Available from: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM/article/view/15874>

Ghosh S, More P, Derle A, Patil AB, Markad P, Asok A, et al. Diosgenin from *Dioscorea bulbifera*: Novel Hit for Treatment of Type II Diabetes Mellitus with Inhibitory Activity against α -Amylase and α -Glucosidase. PLoS One [Internet]. 2014 [cited 2020 Oct 26]; 9(9):e106039. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0106039>



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.