



INOVASI MUFFIN RENDAH INDEKS GLIKEMIK (DIABEFFIN) BERBASIS TEPUNG PISANG KEPOK SEBAGAI SNACK FUNGSIONAL UNTUK PASIEN DIABETES MELLITUS

*Formulation of Low-Glycemic Index Muffin (Diabeffin) Using Kepok Banana Flour:
A Healthier Snack for Individuals with Diabetes*

Mayesti Akhriani¹, Judiono², Witri Priawantiputri³, Dadang Rosmana⁴

¹Universitas Aisyah Pringsewu, Kabupaten Pringsewu, Lampung, Indonesia, 35372

²⁻⁴Poltekkes Kemenkes Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40271

E-mail: mayestiakhr@gmail.com

Diterima: 25-12-2024

Direvisi: 12-03-2025

Disetujui terbit: 20-03-2025

ABSTRACT

Individuals with type 2 diabetes mellitus (T2DM) are advised to consume low-glycemic index (GI) foods, which are typically rich in fiber and complex carbohydrates such as resistant starch. These foods slow glucose absorption, enhance insulin sensitivity, and promote weight loss. This study aimed to develop muffins using kepok banana flour as a substitute for wheat flour to create a healthier snack option for individuals with T2DM. A completely randomized design was employed with three formulations: 80:20, 60:40, and 40:60 ratios of kepok banana flour to wheat flour. The sensory evaluation identified the most preferred formula, which was subsequently analyzed for its glycemic index, antioxidant activity (IC₅₀), and estimated nutritional content. The results showed that formulated muffins with 80:20 were the most preferred, with high sensory scores for color (5.5), aroma (6), taste (5), texture (5), and overall acceptance (5). This formulation had a glycemic index of 44.9 and antioxidant activity of 1777.27 µg/mL. The estimated nutritional content per serving included 292.44 kcal, 29.27g carbohydrates, 16.85g fat, 5.28g protein, and 1.6g fiber. This study concluded that the muffin formulated with 80 percent kepok banana flour and 20 percent wheat flour "Diabeffin" provides a low-GI snack alternative for T2DM patients, combining health benefits with sensory appeal.

Keywords: kepok banana flour, glikemic index, antioxidant activity

ABSTRAK

Pasien Diabetes Mellitus (DM) disarankan mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah yang kaya serat dan karbohidrat kompleks salah satunya pati resisten. Konsumsi makanan tinggi pati resisten, dan dengan indeks glikemik (IG) rendah dapat menurunkan laju absorpsi glukosa, meningkatkan sensitivitas insulin, dan menurunkan berat badan yang disertai diet rendah lemak. Penelitian bertujuan mengembangkan produk muffin berbasis tepung pisang kepok substitusi tepung terigu untuk dianalisis indeks glikemik dan aktivitas antioksidan sehingga menjadi alternatif makanan selingan bagi pasien DM. Penelitian ini menggunakan design acak lengkap. Perbandingan variasi tepung pisang kepok: terigu masing-masing dengan presentase 80:20; 60:40; 40:60. Evaluasi sensori dilakukan untuk menentukan formula muffin terbaik dan dilanjutkan dianalisis indeks glikemik, aktivitas antioksidan dengan IC₅₀ dan perkiraan kandungan gizi. Hasil penelitian menunjukkan formula terbaik adalah muffin dengan formulasi 80 persen tepung pisang kepok dan 20 persen tepung terigu dengan skor penerimaan tertinggi terhadap warna 5.5, aroma 6, rasa 5, tekstur 5 dan keseluruhan 5. Indeks glikemik didapatkan 44,9 dan aktivitas antioksidan 1777,27 mikrogram/mL. Kesimpulan dari studi ini adalah formula terbaik muffin (diabeffin) dapat menjadi alternatif makanan ringan rendah IG bagi pasien DM.

Kata kunci: antioksidan, indeks glikemik, tepung pisang kepok

PENDAHULUAN

Diabetes mellitus (DM) merupakan salah satu Penyakit Tidak Menular (PTM) yang menjadi perhatian utama pemerintah Indonesia karena angka prevalensinya selalu meningkat. Berdasarkan proyeksi, angka prevalensi DM diperkirakan meningkat 3 persen setiap tahun, dengan jumlah kasus diproyeksikan meningkat dari 18,69 juta pada tahun 2020 menjadi 40,7 juta pada tahun 2045.¹ Laporan Survey Kesehatan Nasional (SKI) tahun 2023 menunjukkan peningkatan menjadi 11,7 persen dari 10,9 persen di tahun 2018. Oleh karena itu, pencegahan dan pengendalian faktor-faktor risiko DM menjadi salah satu fokus utama program kesehatan nasional.

Pengendalian diabetes mellitus dapat dilakukan melalui modifikasi faktor risiko, salah satunya adalah pengaturan asupan yang seimbang. Salah satu strategi dalam mengatur pola makan untuk membantu mengendalikan glukosa darah adalah dengan mengonsumsi makanan yang tidak memicu *glucose spike* (peningkatan gula darah secara tiba-tiba dan cepat).² Pasien DM tipe 2 dianjurkan untuk mengonsumsi *low-glycemic index* (GI) yang diformulasi menggunakan serat dan karbohidrat kompleks salah satunya pati resisten.^{3,4} Konsumsi makanan tinggi pati resisten, dan dengan indeks glikemik (IG) rendah dapat menurunkan laju absorpsi glukosa, meningkatkan sensitivitas insulin, dan menurunkan berat badan yang disertai diet rendah lemak.⁵ Selain mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah, sumber pangan nabati seperti beras merah, sumber protein seperti kacang-kacangan dan sumber sayuran dan buah seperti buah pisang mempunyai kemampuan menurunkan risiko DM tipe 2 dibandingkan sumber hewani.⁶

Buah pisang adalah makanan yang mudah ditemukan di Indonesia salah satunya Provinsi Lampung dengan menduduki peringkat ketiga provinsi terbesar produksi pisang mencapai 1,2 juta ton dari total 9,3 juta ton produksi nasional.⁷ Buah pisang mengandung pati dengan kadar yang cukup tinggi. Pisang jenis kepok dapat dipilih karena memiliki nilai indeks glikemik rendah yaitu 43 dan mengandung pati resisten lebih tinggi (27,7%) dari pisang Nangka dan raja sereh (26,28%) dan (25,62%).^{8,9} Peningkatan kadar pati resisten pada pisang kepok hingga 71,3 persen melalui modifikasi menjadi tepung pisang kepok dengan kombinasi proses *autoclaving-cooling* enzimatis.¹⁰ Modifikasi

pisang dapat dioptimalkan dengan mengubah menjadi tepung, sehingga mengganti sebagian tepung terigu dalam produk olahan untuk meningkatkan pati resisten sehingga rendah IG.¹⁰ Tingkat kematangan juga mempengaruhi kadar serat pada tepung pisang kepok dimana tepung pisang kepok mentah lebih tinggi kadar seratnya (0,15%) dibandingkan yang mengkal (0,13%). Kandungan pati resisten yang tinggi dalam makanan diduga memiliki nilai indeks glikemik rendah karena pati resisten tidak dapat dicerna oleh enzim dalam saluran pencernaan manusia, sehingga peningkatan kadar glukosa dalam darah menjadi lebih lambat.¹¹

Pati resisten tidak dapat dicerna oleh enzim amilase di usus halus hingga mencapai usus bagian distal dimana pati resisten dapat difermentasi oleh mikrobiota kolon.¹² Pati resisten dapat mendilutasi kandungan pati yang dapat dicerna dalam makanan, menurunkan beban glikemik dan menurunkan respons glukosa dan insulin postprandial. Pati resisten telah dikaitkan dengan peningkatan *Roseburia*, *Faecalibacterium*, *Akkermansia*, dan *Bifidobacteria* yang merupakan koloni bakteri yang berhubungan dengan penurunan risiko DM tipe 2.¹³ Fermentasi pati resisten oleh mikrobiota kolon menghasilkan produksi asam lemak rantai pendek atau *short-chain fatty acids* (SCFA) dan asam empedu sekunder. SCFA, khususnya butirat, dan beberapa asam empedu sekunder berhubungan dengan peningkatan sensitivitas insulin.¹⁴ Lebih lanjut, SCFA meningkatkan produksi dan sekresi *glucagon-like peptide 1* (GLP-1), sebuah incretin yang memodulasi sekresi insulin yang distimulasi glukosa.¹⁵ Studi ini menunjukkan bahwa mobilisasi pati resisten yang dapat difermentasi ke kolon berperan dalam perbaikan homeostasis glukosa dan sensitivitas insulin dalam jangka waktu lama.¹⁶

Selain pati resisten, antioksidan juga berperan penting pada penurunan risiko hiperglikemia pada pasien DM tipe 2. Buah pisang kepok kuning (*Musa paradisiaca* var *bluggoe*) mengandung antioksidan secara alami seperti karotenoid, flavonoid, polifenol, flavonoid dan asam askorbat.¹⁷ Akan tetapi, aktivitas antioksidan nya masih dianggap rendah hingga tinggi yaitu 10,03-74,21 persen.¹⁷ Maka dari itu, penambahan sumber antioksidan dari bahan lain dapat menambah aktivitas antioksidan produk muffin perlu dilakukan. Studi kajian sistematis menunjukkan bunga telang (*Clitoria ternatea*)

dapat menjadi potensi antihiperglikemik dengan berbagai mekanisme.¹⁸ Flavonoid dan antosianin adalah antioksidan pada bunga telang yang berpotensi sebagai antidiabetes. Antosianin berperan sebagai antioksidan pendonor elektron sedangkan polifenol menstabilkan radikal bebas sehingga menghambat produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS).¹⁹ Flavonoid pada bunga telang juga berpotensi antioksidan yang menangkap radikal bebas sehingga menurunkan kerusakan beta sel pancreas dan menormalkan produksi insulin.²⁰ Antosianin memberikan pigmen warna biru, merah dan ungu pada bunga telang bermanfaat sebagai pemberi warna menarik di makanan, tetapi belum banyak yang menggunakannya untuk produk muffin. Muffin dipilih karena teksturnya yang lembut dan mudah dikonsumsi oleh berbagai kelompok usia, termasuk pasien DM yang mungkin memiliki masalah pencernaan atau kesulitan mengunyah keras. Selain itu, muffin adalah produk *bakery* yang pengolahannya dapat dimodifikasi dengan bahan pangan fungsional tanpa mengubah rasa dan teksturnya secara signifikan.²¹

Makanan selingan atau snack adalah salah satu upaya untuk pengendalian peningkatan glukosa darah pada intervensi pola makan pada individu dengan DM. *American Diabetic Association* merekomendasikan agar makanan selingan bagi pasien DM mengandung kadar karbohidrat 15-30 gram per porsi dan 5,5 persen dari kebutuhan energi harian.²² Makanan selingan DM juga harus dapat memberikan asupan energi dan zat gizi seimbang, indeks glikemik yang rendah dalam membantu mengendalikan glukosa darah. Sejauh ini, pengembangan produk berbasis tepung kepek belum banyak dilakukan pada jenis muffin. Berdasarkan penelitian sebelumnya, substitusi tepung pisang kepek pembuatan krakers dan cookies menghasilkan produk dengan indeks glikemik rendah, yaitu 38,42 dan 33,20.²³ Sehingga penelitian ini bertujuan mengembangkan produk muffin berbasis tepung pisang kepek substitusi tepung terigu sebagai alternatif makanan selingan bagi pasien DM.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini adalah design *true experimental* untuk menganalisis muffin terhadap daya terima dengan perbandingan tepung pisang kepek: tepung terigu dengan formula F1 = 80:20, F2 = 60:40, F3 = 40:60.

Pertama-tama, ketiga formulasi diuji daya terimanya kemudian formulasi terpilih diuji lebih lanjut di laboratorium untuk analisis IC50 sebagai indikator aktivitas antioksidan serta uji indeks glikemik untuk menentukan potensi pengendalian kadar glukosa darah.

Proses Pembuatan Muffin

Penentuan formulasi ketiga muffin berbasis tepung pisang kepek merupakan hasil modifikasi dari penelitian sebelumnya pada produk muffin untuk snack tinggi energi anak sekolah²⁴, cookies²³ dan kabusol²⁵ yang bahan-bahannya disesuaikan dengan anjuran snack bagi pasien diabetes. Tahapan pembuatan muffin adalah sebagai berikut: adonan muffin dibuat dengan mengocok margarin hingga lembut, kemudian ditambah 1 telur sambil terus dikocok hingga mengembang. Selanjutnya, semua bahan kering seperti tepung terigu, tepung pisang kepek, *baking powder*, susu cair dan pemanis gula stevia yang telah diayak dimasukkan ke dalam adonan. Adonan yang telah dituangkan ke dalam cetakan muffin, dengan ketentuan tidak melebihi $\frac{3}{4}$ tinggi cetakan. Setelah itu, adonan dipanggang dalam oven selama sekitar 30 menit pada suhu 180 derajat Celcius hingga matang.

Prosedur Uji Daya Terima

Uji daya terima dilakukan dengan metode hedonik yang meliputi aspek warna, rasa, tekstur dan keseluruhan (overall) terhadap tiga formula muffin yang disajikan. Kriteria uji hedonik menggunakan skala 1-7 (sangat tidak suka hingga sangat suka) dengan formulir uji organoleptik. Panelis agak terlatih yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 30 orang yang merupakan mahasiswa Jurusan Gizi Universitas Aisyah Pringsewu. Panelis dipilih berdasarkan kriteria inklusi, yaitu sebelumnya pernah melakukan uji organoleptik. Kriteria eksklusinya adalah (i) memiliki alergi terhadap makanan terutama protein (telur, susu), (ii) Sedang dalam keadaan sakit (ISPA), (iii) sedang dalam keadaan kenyang atau lapar. Formulasi yang terpilih dianjurkan analisis aktivitas antioksidan dan indeks glikemik.

Prosedur Uji Indeks Glikemik (IG) dan Aktivitas Antioksidan

Desain rancangan untuk uji IG adalah *one-shot case study*. Subjek sebanyak 10 orang yang tidak mengalami gangguan metabolisme karbohidrat

direkrut untuk menjadi subjek yang mendapat perlakuan. Subjek diminta puasa 8-10 jam sebelum hari perlakuan. Subjek mengonsumsi muffin Diabeffin mengandung 25 gram *available carbohydrate* dihitung menggunakan informasi nilai gizi yang tertera. Subjek, 3 hari selanjutnya, mengonsumsi roti mengandung 25 gram *available carbohydrate* dihitung menggunakan informasi nilai gizi yang tertera. Glukosa darah subjek diambil sesuai interval sebelum mengonsumsi yaitu 0 menit, selanjutnya 15, 30, 45, 90, 120 menit. Pengambilan sampel darah responden menggunakan lancet dan glukosa diukur menggunakan *Glucometer Kit*. Perhitungan indeks glikemik berdasarkan perhitungan luas area bawah kurva dihitung dengan metode trapeziud (iAUC).²⁶ Uji aktivitasantioksidan dengan metode IC50 dilakukan dengan mengirim sample uji muffin sebanyak 100 gram dan dianalisis dengan 2x pengulangan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Politeknik Negeri Lampung. Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitasantioksidan berdasarkan kemampuan senyawa mereduksi radikal bebas DPPH, yang menyebabkan perubahan warna dari ungu menjadi kuning pucat.²⁷

Analisis Statistik

Data penelitian dianalisis menggunakan program SPSS 25 for IoS. Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk karena sampel <50. Data tidak berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis. Setelah diketahui ada pengaruh atau perbedaan (H_0 ditolak) maka dilakukan uji lanjut untuk melihat perbedaan pada setiap kelompok perlakuan mann-whitney t test jika data tidak terdistribusi normal dengan p value < 0.05.

HASIL

Hasil skor dari Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh kriteria organoleptik dianalisis untuk menentukan formulasi terbaik yang akan diuji lebih lanjut dalam laboratorium untuk analisis IC50 dan indeks glikemik. Berdasarkan hasil skor kesukaan, Formula 1 (F1) dengan perbandingan tepung pisang kepok dan tepung terigu 80:20 memperoleh skor total tertinggi, yaitu 26,5. Hal ini disebabkan oleh proporsi tepung pisang kepok yang lebih tinggi dalam F1, yang memberikan aroma dan rasa yang lebih

mendekati karakteristik muffin berbahan dasar pisang. Uji statistik menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam aspek aroma antar formula ($p = 0,047$; $p < 0,05$). Analisis lanjut dengan uji beda kelompok menunjukkan bahwa perbedaan signifikan terjadi antara muffin F1 dan F3 ($p = 0,017$).

Tabel 2 memperlihatkan hasil uji indeks glikemik (IG) menggunakan metode trapezoid dengan perhitungan incremental Area Under the Curve (iAUC). Tren peningkatan kadar glukosa darah setelah konsumsi muffin Diabeffin lebih rendah dibandingkan pangan acuan (roti). Puncak kenaikan kadar glukosa darah terjadi pada menit ke-30 untuk muffin Diabeffin dengan rata-rata 100,4 mg/dL, sedangkan untuk roti terjadi pada menit ke-45 dengan rata-rata 119,6 mg/dL. Nilai indeks glikemik muffin Diabeffin sebesar 44,9, yang masuk kategori IG rendah ($IG < 55$).

Uji IC50 digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan pada muffin Diabeffin. Nilai IC50 yang lebih rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat (kategori kuat: 0-100 µg/mL). Berdasarkan hasil pengujian, nilai IC50 muffin Diabeffin adalah rata-rata 1777,27 µg/mL (2 kali uji pengulangan). Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan pada muffin substitusi tepung pisang kepok tergolong lemah.

BAHASAN

Tingkat Kesukaan. Hasil uji beda pada tingkat kesukaan hanya pada kriteria aroma dimana perbedaan itu antara tingkat kesukaan aroma F1 dan F2. Adanya perbedaan kesukaan pada aroma ini menurut rata-rata 6 panelis karena F1 lebih memiliki aroma pisang daripada formula lain. Setiap formulasi ada 1 panelis yang tidak suka dan agak tidak suka pada F2 dan F3. Hal ini mungkin disebabkan adanya bau langu pada muffin yang berasal dari komponen volatil dari tepung pisang kepok. Bahan alami ini dapat menutupi dan menyamarkan bau langu yang ditimbulkan oleh senyawa volatile di tepung pisang kepok pada muffin.²⁸ Selain itu, proses pemangangan dengan suhu sedang dan waktu yang lebih singkat dapat mencegah pembentukan senyawa *off-flavor*, sehingga dapat mengurangi aroma tidak sedap pada muffin.²⁹

Tabel 1
Hasil Analisis Tingkat Kesukaan Ketiga Formulasi Muffin Berbasis Tepung Pisang Kepok

Aspek	Formulasi		
	80:20	60:40	40:60
Warna	5.5 (4-7) Agak Suka	5 (2-7) Agak Suka	4.5 (2-7) Suka
Aroma	6 (4-7) ^a Suka	5.5 (2-7) Agak Suka	5 (2-7) ^a Agak Suka
Rasa	5 (2-7) Agak suka	5 (2-7) Agak suka	5 (2-7) Agak suka
Tekstur	5 (2-6) Agak suka	4 (2-7) Netral	4 (2-7) Netral
Overall	5 (2-7) Agak suka	5 (2-7) Agak suka	4 (2-7) Netral
Total Perlakuan Terbaik	26,5	24,5	22,5

Keterangan: a menunjukkan adanya perbedaan secara statistik antar kelompok

Tabel 2
Kadar Glukosa Darah pada Uji Indeks Glikemik

Menit	Muffin	Roti
0	84,9±5,5	84,8±6,9
15	88,6±12,4	88,5±5,5
30	100,4±13,9	103,4±8,6
45	96,5±15,5	119,6±18,6
60	90,8±13,6	99,8±17,5
90	91,5±8,1	104,8±10,9
120	89,4±6,8	93,1±9,1
iAUC	860,25	1918,5
IG	44,9	

Uji Kruskal Wallis menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar formula pada rata-rata kesukaan tekstur ($p=0,40$, $p>0,05$). Tekstur muffin pisang kepok memiliki perbedaan dengan tekstur muffin pada umumnya yang lebih empuk. Hal ini disebabkan tekstur yang agak keras pada setiap formulasi muffin karena kadar amilosa pada pati tepung pisang kepok dan tepung terigu

dapat menyebabkan peningkatan tingkat kekerasan pada formulasi. Amilosa yang tinggi menyebabkan kadar air menjadi rendah dan mudah lepas ikatannya karena proses pemanasan dari pemanggangan muffin.³⁰

Uji beda antar kelompok menunjukkan tidak adanya perbedaan rata-rata kesukaan panelis terhadap rasa ($p=0,742$, $p>0,05$). Muffin pada

umumnya memiliki rasa gurih dan manis yang berasal dari bahan gula pasir. Akan tetapi, pada studi ini gula pasir disubstitusi dengan pemanis alternatif gula stevia yang aman untuk pasien DM tipe 2.³¹ Selain itu, tepung pisang kepok memiliki sedikit rasa pahit karena mengandung zat tannin.³²

Muffin tepung pisang pada studi ini cenderung bewarna biru keunguan karena adanya penambahan tepung bunga telang yang memiliki pigmen warna ungu kebiruan. Hal ini terlihat sama pada ketiga formulasi sehingga uji kesukaan tidak ada perbedaan nyata. Penelitian serupa menunjukkan produk berbahan dasar tepung pisang kepok secara alami menghasilkan formulasi muffin pisang kepok berwarna kuning kecoklatan.^{24,33} Warna dasar kuning kecoklatan muffin berasal dari proses Maillard pemanggangan yang menyebabkan suhu pemanasan pada gula dan protein.³⁰ Selain itu, penambahan bahan lain seperti margarin dan kuning telur memberikan tambahan pigmen kekuningan pada muffin.

Indeks Glikemik (IG). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai IG muffin Diabeffin adalah 44,9, yang hampir sebanding dengan nilai IG cookies berbasis tepung pisang kepok dan tepung kacang hijau (29,5–49,1).²³ Nilai IG yang rendah ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor, seperti proses pengolahan, kandungan serat, dan pati resisten pada tepung pisang kepok.

Pati resisten membutuhkan waktu lebih lama untuk dicerna.³⁴ Maka dari itu, konsumsi makanan tinggi pati resisten dapat membantu memperlambat laju lonjakan glukosa darah setelah konsumsi, yang merupakan faktor penting dalam manajemen DM tipe 2. Selain itu, pati resisten juga merangsang sintesis GLP-1 (*glucagon-like peptide 1*), yang berperan dalam stimulasi sekresi insulin¹⁵

Faktor lain yang berkontribusi terhadap rendahnya IG muffin Diabeffin adalah kandungan serat pangan dalam tepung pisang kepok. Serat dapat memperlambat absorpsi glukosa di saluran pencernaan dan memperpanjang waktu pengosongan lambung, sehingga mencegah lonjakan kadar glukosa secara tiba-tiba. Selain itu, kandungan serat juga dapat meningkatkan rasa kenyang, yang bermanfaat dalam pengendalian berat badan pada pasien DM.^{35,36}

Selain kandungan pati resisten dan serat, metode pengolahan juga berperan penting dalam menentukan nilai IG produk akhir. Pemanggangan dalam pembuatan muffin menggunakan suhu sedang yang dapat membantu mempertahankan kandungan pati resisten dibandingkan dengan proses pemasakan yang lebih intensif seperti perebusan. Selain itu, pendinginan setelah pemanggangan berpotensi meningkatkan kadar *retrograded starch*, yang merupakan bentuk pati resisten yang lebih stabil.^{35,36}

Jika dibandingkan dengan produk sejenis, nilai IG muffin Diabeffin lebih rendah dibandingkan roti putih (IG sekitar 70) tetapi hampir setara dengan cookies berbasis tepung pisang kepok dan tepung kacang hijau (29,5–49,1). Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung terigu dengan tepung pisang kepok dapat menjadi strategi yang efektif dalam mengembangkan produk *bakery* dengan IG lebih rendah, sehingga dapat menjadi alternatif kudapan yang cocok bagi pasien diabetes mellitus.

Aktivitas Antioksidan. Uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa Diabeffin memiliki aktivitas yang tergolong lemah, dengan nilai IC₅₀ sebesar rata-rata 1777,27 µg/mL. Hal ini mungkin disebabkan oleh proses pemanggangan pada suhu tinggi yang dapat menurunkan kandungan senyawa antioksidan alami dalam pisang kepok, seperti polifenol, flavonoid, karotenoid dan asam askorbat.^{33,37} Tepung bunga telang ditambahkan kedalam formulasi dengan tujuan meningkatkan aktivitas antioksidan pada muffin Diabeffin, akan tetapi hasilnya aktivitas antioksidan tetap rendah. Aktivitas antioksidan yang rendah ini dapat disebabkan oleh degradasi parsial senyawa antioksidan, seperti antosianin bunga telang, selama proses pemanggangan pada suhu tinggi. Metode seperti enkapsulasi dapat digunakan untuk melindungi senyawa antioksidan dari degradasi oleh suhu tinggi.^{33,37} Akan tetapi, muffin Diabeffin masih mempunyai potensi sumber antioksidan karena kombinasi tepung pisang kepok dan tepung bunga telang meningkatkan senyawa polifenol dibandingkan produk yang menggunakan tepung pisang kepok saja.³⁸

SIMPULAN

Terdapat perbedaan yang signifikan antar ketiga formulasi muffin "Diabeffin" pada aspek aroma dengan nilai $p=0,047$, menunjukkan bahwa variasi bahan baku berpengaruh terhadap aroma yang dihasilkan. Hasil analisis kadar indeks glikemik (IG) muffin Diabeffin terpilih menunjukkan angka 44,9 yang tergolong dalam kategori IG rendah (<55), yang menunjukkan potensi formulasi ini dalam pengendalian kadar glukosa pada pasien DM. Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan metode IC50 pada muffin Diabeffin menghasilkan nilai 1777,27 mikrogram/mL yang tergolong lemah, namun kandungan polifenol tetap berpotensi memberikan manfaat untuk mengurangi stress oksidatif pada pasien DM. Perbandingan formulasi muffin Diabeffin berbahan dasar tepung pisang 51esah yang sesuai dengan kebutuhan gizi pada makanan selingan diabetes melitus yaitu F1, dengan perbandingan 80:20 antara tepung pisang 51esah dan tepung terigu, yang sudah memenuhi kebutuhan energi, protein, lemak, karbohidrat dan serat.

SARAN

Perlu meningkatkan kualitas rasa dan aroma, disarankan untuk melakukan perbaikan formulasi dengan penambahan bahan dan rempah 51esahata yang dapat memperkaya cita rasa dan aroma produk. Proses pemanggangan pada pembuatan muffin Diabeffin perlu dievaluasi, dengan mempertimbangkan alternatif pengolahan yang lebih baik untuk mengurangi potensi kerusakan aktivitas antioksidan, yang dapat mempengaruhi manfaat 51esehatan dari produk ini. Selain itu, analisis beban glikemik pada muffin Diabeffin sebaiknya dilakukan lebih lanjut untuk memastikan klaim bahwa produk ini aman dan efektif bagi pasien diabetes mellitus, serta untuk memberikan bukti ilmiah yang lebih kuat mengenai keamanan dan manfaat konsumsi produk ini.

RUJUKAN

- Wahidin M, Achadi A, Besral B, Kosen S, Nadjib M, Nurwahyuni A, et al. Projection of diabetes morbidity and mortality till 2045 in Indonesia based on risk factors and NCD prevention and control programs. *Sci Rep* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2024 Jul 26];14(1). Available from: [/pmc/articles/PMC10914682/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38421977/)
- Gómez-Ruiz RP, Cabello-Hernández AI, Gómez-Pérez FJ, Gómez-Sámano MÁ. Meal frequency strategies for the management of type 2 diabetes subjects: A systematic review. *PLoS One* [Internet]. 2024 Feb 1 [cited 2024 Jul 27];19(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38421977/>
- Nur Afifah D, Nor Indah Sari L, Ratna Sari D, Probosari E, Sandi Wijayanti H, Anjani G. Analisis Kandungan Zat Gizi, Pati Resistensi, Indeks Glikemik, Beban Glikemik dan Daya Terima Cookies Tepung Pisang Kepok (*Musa paradisica*) Termodifikasi Enzimatis dan Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* [Internet]. 2020 Sep 1 [cited 2024 Aug 7];9(3):101–7. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp/article/view/8148>
- Kim MK, Park J, Kim DM. Resistant starch and type 2 diabetes mellitus: Clinical perspective. *J Diabetes Investig* [Internet]. 2024 Apr 1 [cited 2024 Aug 7];15(4):395. Available from: [/pmc/articles/PMC10981144/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38421977/)
- Keenan MJ, Zhou J, Hegsted M, Pelkman C, Durham HA, Coulon DB, et al. Role of Resistant Starch in Improving Gut Health, Adiposity, and Insulin Resistance. *Advances in Nutrition* [Internet]. 2015 [cited 2024 Jul 27];6(2):198. Available from: [/pmc/articles/PMC4352178/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28630614/)
- McMacken M, Shah S. A plant-based diet for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *J Geriatr Cardiol* [Internet]. 2017 [cited 2024 Jul 27];14(5):342–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28630614/>
- BPS. Produksi Buah-buahan dan Sayuran Menurut Jenis Tanaman Menurut Provinsi, 2023 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia [Internet]. 2022 [cited 2024 Dec 24]. Available from: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/U0dKc1owczVSalJ5VFdOMWVETnIVRVJ6YIRJMFp6MDkjMw%3D%3D/produksi-buah-buahan-menurut-jenis-tanaman->

- menurut-provinsi--
2022.html?year=2022&utm_source=chatgpt.com
8. Musita N. Kajian Kandungan dan Karakteristiknya Pati Resisten dari Berbagai Varietas Pisang. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* [Internet]. 2012 [cited 2024 Jul 27];23(1):79389. Available from: <https://www.neliti.com/id/publications/79389/>
 9. Diyah NW, Ambarwati A, Warsito GM, Niken G, Heriwyanti ET, Windysari R, et al. Evaluasi Kandungan Glukosa Dan Indeks Glikemik Beberapa Sumber Karbohidrat Dalam Upaya Penggalan Pangan Ber-Indeks Glikemik Rendah. *JURNAL FARMASI DAN ILMU KEFARMASIAN INDONESIA* [Internet]. 2016 Apr 9 [cited 2024 Jul 27];3(2):67–73. Available from: <https://e-journal.unair.ac.id/JFIKI/article/view/7040>
 10. Syafii F, Fajriana H, Rahman Ma F, Studi Gizi P, Kemenkes Mamuju Jl P. Pengaruh Modifikasi Tepung Pisang Kepok terhadap Kadar Pati Resisten dan Karakteristik Fisikokimia. *Journal of Agritech Science (JASc)* [Internet]. 2023 Jun 27 [cited 2024 Jul 27];7(01):86–102. Available from: <http://jurnal.poligon.ac.id/index.php/jasc/article/view/1153>
 11. Pugh JE, Cai M, Altieri N, Frost G. A comparison of the effects of resistant starch types on glycemic response in individuals with type 2 diabetes or prediabetes: A systematic review and meta-analysis. *Front Nutr* [Internet]. 2023 [cited 2024 Jul 27];10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32004499/>
 12. Teichmann J, Cockburn DW. In vitro Fermentation Reveals Changes in Butyrate Production Dependent on Resistant Starch Source and Microbiome Composition. *Front Microbiol* [Internet]. 2021 Apr 29 [cited 2024 Jul 27];12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32004499/>
 13. Gurung M, Li Z, You H, Rodrigues R, Jump DB, Morgun A, et al. Role of gut microbiota in type 2 diabetes pathophysiology. *EBioMedicine* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2024 Jul 27];51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32004499/>
 14. Lau WL, Vaziri ND. Gut microbial short-chain fatty acids and the risk of diabetes. *Nat Rev Nephrol* [Internet]. 2019 Jul 1 [cited 2024 Jul 27];15(7):389–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30918350/>
 15. Rowlands J, Heng J, Newsholme P, Carlessi R. Pleiotropic Effects of GLP-1 and Analogs on Cell Signaling, Metabolism, and Function. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2018 Nov 23 [cited 2024 Jul 27];9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30918350/>
 16. Deehan EC, Yang C, Perez-Muñoz ME, Nguyen NK, Cheng CC, Triador L, et al. Precision Microbiome Modulation with Discrete Dietary Fiber Structures Directs Short-Chain Fatty Acid Production. *Cell Host Microbe* [Internet]. 2020 Mar 11 [cited 2024 Jul 27];27(3):389–404.e6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32004499/>
 17. Lovabyta NS. Profil Zat Antioksidan Pisang Kepok Kuning (*Musa paradisiaca* var. bluggoe) PADA VARIASI METODE PEMASAKAN. 2019 [cited 2025 Mar 12]; Available from: <https://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/95778>
 18. Indriyati YF, Dewi DN. Kajian Sistematis: Potensi Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) sebagai Antidiabetes. *Generics: Journal of Research in Pharmacy* [Internet]. 2022 May 18 [cited 2024 Jul 30];2(1):1–8. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/generics/article/view/11252>
 19. Zhang D, Cheng Z, Huang X, Zhang D, Cheng Z, Huang X. A review of phytochemistry and pharmacology perspectives of *Clitoria ternatea* L. *亚洲传统医药* [Internet]. 2021 Jun 25 [cited 2024 Jul 30];16(3):153–60. Available from: <http://asianjtm.syphu.edu.cn/CN/abstract/abstract456.shtml>
 20. Widowati W, Wargasetia TL, Zakaria TM, Marthania M, Akbar RATPP, Gunadi MS, et al. Antioxidant Activity of TEMON (*Clitoria ternatea* and *Citrus* sp.) as an Infused Herbal Tea. *Majalah Obat Tradisional* [Internet]. 2022 Apr 26 [cited 2024 Jul 30];27(1):32–40. Available from: <https://jurnal.ugm.ac.id/TradMedJ/article/view/71628>

21. Razak M, Hikmawatisisti S, Suwita K, Kesehatan P, Malang K, History A. The Formulation of Kepok Banana Flour (*Musa paradisiaca* Linn) in Muffin Processing as an Alternative to Supplementary Feeding for School Children. *Media Gizi Pangan* [Internet]. 2022 Jun 28 [cited 2025 Mar 5];29(1):43–50. Available from: <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/mediagizi/article/view/2772>
22. ADA. Best Foods for You: Healthy Snack [Internet]. 2022 [cited 2024 Dec 24]. Available from: https://professional.diabetes.org/sites/dpro/files/2024-01/nutrition_smart_snacks_fnl.pdf?utm_source=chatgpt.com
23. Nur Afifah D, Nor Indah Sari L, Ratna Sari D, Probosari E, Sandi Wijayanti H, Anjani G. Analisis Kandungan Zat Gizi, Pati Resistensi, Indeks Glikemik, Beban Glikemik dan Daya Terima Cookies Tepung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*) Termodifikasi Enzimatik dan Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* [Internet]. 2020 Sep 1 [cited 2024 Dec 24];9(3):101–7. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp/article/view/8148>
24. Razak M, Hikmawatisisti S, Suwita K, Kesehatan P, Malang K, History A. The Formulation of Kepok Banana Flour (*Musa paradisiaca* Linn) in Muffin Processing as an Alternative to Supplementary Feeding for School Children. *Media Gizi Pangan* [Internet]. 2022 Jun 28 [cited 2024 Dec 24];29(1):43–50. Available from: <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/mediagizi/article/view/2772>
25. Syafii F, Yudianti. Substitusi Tepung Pisang Termodifikasi Pada Pembuatan Kadosol terhadap Kadar Gula Darah Orang Dewasa. *Jurnal Kesehatan Manarang* [Internet]. 2019 Dec 25 [cited 2024 Aug 7];5(2):106. Available from: <https://jurnal.poltekkesmamuju.ac.id/index.php/m/article/view/163>
26. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* [Internet]. 2005 Jun [cited 2025 Mar 10];18(1):145–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19079901/>
27. Baliyan S, Mukherjee R, Priyadarshini A, Vibhuti A, Gupta A, Pandey RP, et al. Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules* [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2025 Mar 10];27(4):1326. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8878429/>
28. Rusinek R, Gawrysiak-Witulska M, Siger A, Oniszczyk A, Ptasińska AA, Knaga J, et al. Effect of supplementation of flour with fruit fiber on the volatile compound profile in bread. *Sensors* [Internet]. 2021 Apr 2 [cited 2024 Dec 24];21(8):2812. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8073101/>
29. Kasim R, Liputo SA, Limonu M, Mohamad FP. Pengaruh Suhu dan Lama Pemanggangan Terhadap Tingkat Kesukaan dan Kandungan Gizi Snack Food Bars Berbahan Dasar Tepung Pisang Goroho dan Tepung Ampas Tahu. *Jurnal Technopreneur (JTech)* [Internet]. 2018 Nov 28 [cited 2024 Dec 24];6(2):41. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/329272369>
30. Yong C, Putri K, Sinung Pranata F, Swasti YR. Kualitas Muffin Dengan Kombinasi Tepung Pisang Kepok Putih (*Musa paradisiaca* forma typica) Dan Tepung Labu Kuning (*Cucurbita moschata*). *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* [Internet]. 2019 Sep 17 [cited 2024 Aug 7];4(2):50–62. Available from: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/biota/article/view/2471>
31. Perkeni. Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia. Perkeni. 2021;
32. Razak M, Hikmawatisisti S, Suwita K, Kesehatan P, Malang K, History A. The Formulation of Kepok Banana Flour (*Musa paradisiaca* Linn) in Muffin Processing as an Alternative to Supplementary Feeding for School Children. *Media Gizi Pangan* [Internet]. 2022 Jun 28 [cited 2024 Jul 27];29(1):43–50. Available from: [https://journal.poltekkes-](https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/mediagizi/article/view/2772)

- mks.ac.id/ojs2/index.php/mediagizi/article/view/2772
33. Monika D, Purba JSR. Formulasi Muffin Substitusi Tepung Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* Linn) dan Susu Kedelai (*Glycine Max*) Sebagai Alternatif Pemberian Makanan Tambahan Anak Sekolah (PMT â€“ AS). *Pontianak Nutrition Journal (PNJ)* [Internet]. 2019 Feb 11 [cited 2025 Mar 10];1(2):48–51. Available from: <https://ejournal.poltekkes-pontianak.ac.id/index.php/PNJ/article/view/286>
 34. Deehan EC, Yang C, Perez-Muñoz ME, Nguyen NK, Cheng CC, Triador L, et al. Precision Microbiome Modulation with Discrete Dietary Fiber Structures Directs Short-Chain Fatty Acid Production. *Cell Host Microbe*. 2020 Mar 11;27(3):389-404.e6.
 35. Xiong K, Wang J, Kang T, Xu F, Ma A. Effects of resistant starch on glycaemic control: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition* [Internet]. 2021 Jun 14 [cited 2025 Mar 10];125(11):1260–9. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/effects-of-resistant-starch-on-glycaemic-control-a-systematic-review-and-metaanalysis/95174D9505D6D7C92F88C871DC0D958A>
 36. Bojarczuk A, Skąpska S, Mousavi Khaneghah A, Marszałek K. Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *J Funct Foods*. 2022 Jun 1;93:105094.
 37. Chang L, Yang M, Zhao N, Xie F, Zheng P, Simbo J, et al. Structural, physicochemical, antioxidant and in vitro digestibility properties of banana flours from different banana varieties (*Musa* spp.). *Food Biosci*. 2022 Jun 1;47:101624.
 38. Borczak B, Szewczyk A, Domagała D, Kapusta-Duch J, Leszczyńska T, Kotuła M, et al. Potential Antidiabetic, Antioxidative and Antiproliferative Properties of Functional Wheat Flour Muffins Enriched with White Clover Flowers (*Trifolium repens* L.). *International Journal of Molecular Sciences* 2024, Vol 25, Page 9909 [Internet]. 2024 Sep 13 [cited 2024 Dec 25];25(18):9909. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/18/9909/htm>