



Perbaikan Respon Glisemik dan Profil Lipid Setelah Mengonsumsi Tepung Pisang Mentah Termodifikasi

Firda Yusrina¹, Rani Puspitasari¹, Tri Dewanti W.¹, Siti Narsito Wulan^{1*}

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang

*Penulis Korespondensi: wulan_thpub@ub.ac.id . Telp: +6283833281788 dan +6285731083315

Diterima: Oktober 2020

Direview: Oktober 2020

Dimuat: Desember 2020

ABSTRACT

The prevalence of diabetes increases yearly. Unripe plantain is a potential food for blood glucose control due to its pectins and resistant starch type 2 (RS2) content. The characteristics of resistant starch in unripe plantain can be improved using a physical modification by means of repeated boiling-cooling process to produce a more heat-stable resistant starch (RS3). The objective of this study was to determine the effect of consumption of physically modified unripe plantain flour (RS3) compared with unripe plantain flour without modification (RS2) and standard corn starch as a control. Rats were randomly assigned into 3 groups: group 1, rats were fed with standard diet based on AIN-93M diet recommendation containing corn starch but casein was replaced by skim milk powder; group 2, rats were fed with unmodified unripe plantain flour containing RS2; and group 3, rats were fed with physically modified unripe plantain flour containing RS3 in replacement of corn starch in the later 2 groups. All diets were isocaloric and isoproteins/isonitrogens. Diet interventions were given for 15 days. The results showed that rats fed with physically modified unripe plantain flour containing RS3 had the lowest blood glucose levels ($p<0.05$), higher HDL levels ($p=0.05$), lower TAG levels ($p=0.05$) and lower glycemic response ($p<0.05$) indicated by a lower area under the curve following meal tolerance test.

Key words: Diabetes Mellitus, Resistant Starch, Blood Glucose, Unripe Plantain Flour

ABSTRAK

Prevalensi *Diabetes melitus* meningkat setiap tahunnya. Pisang mentah berpotensi sebagai pangan pengontrol gula darah karena mengandung pektin dan pati resisten tipe 2 (RS2) berupa granula pati mentah. Kadar dan/atau karakteristik pati resisten pada pisang dapat ditingkatkan dengan metode modifikasi fisik melalui proses perebusan dan pendinginan berulang untuk meningkatkan sifat resistensi pati termodifikasi (RS3) yang lebih stabil pada suhu tinggi selama pemasakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi tepung pisang mentah termodifikasi secara fisik (RS3) dibandingkan dengan tepung pisang mentah tanpa modifikasi (RS2) dan pati jagung sebagai pati kontrol terhadap respon glikemik dan profil lipid. Tikus dikelompokkan secara acak menjadi 3 kelompok: kelompok 1 adalah kelompok pakan standart berdasarkan rekomendasi AIN-93 M yang mengandung pati jagung (kontrol). Kasein sebagai sumber protein sesuai AIN-93 M diganti dengan susu skim pada semua kelompok; kelompok 2 diberikan sumber karbohidrat

tepung pisang mentah tidak dimodifikasi (RS2) dan kelompok 3 diberikan pakan tepung pisang mentah modifikasi (RS3) sebagai pengganti pati jagung. Semua pakan diformulasi secara isokalori dan isoprotein/isonitrogen. Pakan diberikan selama 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pemberian pakan menggunakan tepung pisang modifikasi (RS3) menghasilkan kadar glukosa darah yang lebih rendah ($p < 0,05$), kadar HDL lebih tinggi ($p = 0.05$), kadar trigliserida darah lebih rendah ($p = 0.05$) dan respon glikemik lebih rendah ($p < 0.05$) ditunjukkan dengan luas area di bawah kurva (AUC) yang lebih rendah setelah meal tolerance test.

Kata kunci: *Diabetes Melitus*, Pati Resisten, Pengendalian Glukosa Darah, Pisang Mentah

***Penulis Korespondensi:** Siti Narsito Wulan, Surel: wulan_thpub@ub.ac.id

PENDAHULUAN

Diabetes mellitus merupakan penyakit degeneratif yang terjadi akibat kelainan sekresi insulin dan resistensi insulin (1). Berdasarkan data *Internasional Diabetic Federation (IDF)* jumlah penderita diabetes pada tahun 2015 mencapai 415 juta penderita dan diperkirakan pada tahun 2040 meningkat sebanyak 642 juta penderita. Usia penderita diabetes berkisar antara 20-70 tahun (2). Pada tahun 2015 Indonesia menempati peringkat ke tujuh dunia untuk prevalensi penderita diabetes dengan jumlah penderita diabetes mellitus sebanyak 10 juta orang. Persentase kematian akibat diabetes di Indonesia tertinggi setelah Srilangka (3). Tingginya jumlah penderita diabetes ini terjadi akibat adanya perubahan pola konsumsi. Masyarakat lebih menyukai pola konsumsi yang tinggi gula dan rendah serat sehingga meningkatkan kadar glukosa darah. Apabila hal ini terjadi pada jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kondisi resistensi insulin, intoleransi glukosa dan timbulnya diabetes tipe 2. Resistensi insulin adalah penurunan respon biologis jaringan terhadap insulin (4). Akibat dari kondisi ini sel beta pankreas akan melepas banyak insulin agar gula darah menjadi normal. Sehingga kadar insulin dalam darah juga menjadi tinggi (5). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kadar gula darah adalah dengan mengkonsumsi makanan

fungsional meskipun mengandung pati namun dengan daya cerna yang rendah.

Pisang merupakan komoditas unggulan Indonesia. Produksi pisang di Jawa Timur pada tahun 2017 mencapai 1.960.129 ton/tahun dengan pertumbuhan sebesar 5,06 %. Disamping itu Jawa Timur merupakan provinsi dengan produksi pisang terbesar selama kurun waktu 2011-2015. Kabupaten dengan produksi pisang terbanyak di Jawa Timur adalah Kabupaten Malang yaitu sebesar 42,35% (690,136 ton) (6). Buah pisang yang mentah mengandung pati, serat pangan, pati resisten, antioksidan, vitamin dan mineral yang penting untuk tubuh. Karbohidrat pada pisang mentah termasuk dalam jenis karbohidrat kompleks yang dapat digunakan untuk mengendalikan kadar gula darah serta dapat dijadikan sebagai sumber energi. Menurut Falcomer *et al.* (7), konsumsi pisang hijau dengan tingkat kematangan 1 yaitu kulit hijau dan tingkat kematangan 2 dengan kulit sedikit kuning (L_kecerahan=58-68, a*_tingkat kemerahan=(-20)-(-15) dan b*_tingkat kekuningan=33-38) dapat menurunkan kadar glukosa darah karena adanya kandungan pati resisten, serat, flavonoid, vitamin C, B6 dan provitamin A.

Pisang yang digunakan pada penelitian ini adalah pisang candi mentah (hijau sedikit kuning) yang diperoleh dari Malang Selatan. Pisang candi mentah termasuk dalam pisang olah atau *plantain* (8). Kadar pati pada pisang candi lebih

tinggi daripada pisang kepek dan pisang ambon. Kadar pati pisang candi, pisang kepek dan pisang ambon berturut-turut adalah 30,68 %; 24,09 % dan 21, 48% (9). Kadar pati yang tinggi pada pisang candi berpotensi untuk diolah menjadi produk tepung. Tepung lebih mudah diaplikasikan pada berbagai produk olahan yang dapat diformulasi sehingga mempunyai efek fisiologis yang diharapkan seperti mengendalikan kadar glukosa darah dan profil lipid. Pembuatan tepung yang mengandung RS3 (pati teretrogradasi) merupakan salah satu cara untuk meningkatkan potensi diversifikasi olahan pisang. RS3 memiliki sifat fisiologis yang lebih baik dibanding RS2 (granula pati mentah) yang meliputi : lebih stabil terhadap suhu pemanasan, meningkatkan viskositas digesta di usus dan menghambat absorpsi glukosa sehingga kadar glukosa darah menjadi rendah (10).

Adanya proses pemasakan seperti perebusan, penggorengan, dan pemanggangan dengan *microwave* dapat menurunkan kadar pati resisten pada suatu produk pangan (11). Proses perebusan dilaporkan dapat menurunkan kadar pati resisten pada kacang hitam, kacang pinto dan buncis (12). Saat proses pemanasan ikatan hidrogen yang menghubungkan molekul-molekul amilosa dan amilopektin semakin melemah dengan meningkatnya suhu pemanasan, sehingga mengganggu kekompakan granula pati. Saat suhu panas meningkat, maka molekul-molekul air mempunyai energi kinetik yang lebih tinggi sehingga dengan mudah berpenetrasi kedalam granula pati. Air akan terikat secara simultan dalam molekul amilosa dan amilopektin yang mengakibatkan kadar pati resisten menurun dan daya cerna meningkat (13) Oleh karena itu diperlukan teknik pengolahan yang tepat sehingga dapat menghasilkan RS3 yang lebih stabil

dalam proses pengolahan sehingga saat dikonsumsi masih memiliki efek fisiologi yang diharapkan bagi tubuh. Kadar pati resisten pada tepung dapat ditingkatkan dengan beberapa metode, antara lain modifikasi pati secara enzimatis, fisik atau kimia (15). Namun, yang tidak kalah pentingnya adalah meningkatkan sifat resistensi pati termodifikasi menjadi lebih stabil terhadap suhu pemasakan. Salah satu metode pembuatan RS3 dapat dilakukan dengan pemanasan dan pendinginan berulang. Metode fisik ini dipilih karena aman dan mudah diaplikasikan. Proses perebusan pisang pada suhu 121°C selama 1 jam dilanjutkan pendinginan 4°C selama 24 jam dan diulang siklus tersebut 3 kali dapat meningkatkan RS 3 $19,34 \pm 0,54$ % dengan nilai kestabilan termal $188,2 \pm 6,5$ (J/g) (15). Adanya kandungan pati resisten dan serat pangan pada pisang yang dikonsumsi dapat memperbaiki metabolisme glukosa dan menurunkan kadar glukosa *post-prandial* dan meningkatkan sensitivitas insulin (16). Khaelil *et al* (17) melaporkan perbedaan respon glukosa darah pada tikus yang diberi roti yang diperkaya 45% tepung pisang (116,918 mg/dl) dibandingkan pada kolompok tikus kontrol (187,546 mg/dl).

Berdasarkan uraian diatas tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui respon glukosa darah dan profil lipid setelah mengkonsumsi tepung pisang mentah yang kaya pati resisten tipe 2 (RS2) dan tepung pisang mentah dengan modifikasi pendinginan-perebusan berulang yang kaya pati resisten tipe 3 (RS3) yang tahan terhadap suhu pemanasan sehingga dapat dijadikan sebagai pangan alternatif untuk pengendalian kadar glukosa darah.

METODE PENELITIAN

Rancangan/Desain Penelitian

Jenis Penelitian ini termasuk dalam eksperimental dengan desain *true experimental laboratory* dengan metode *Randomized Post Test Only Controlled Group Design*. Untuk mengukur pengaruh pemberian pakan pada kelompok eksperimen dengan cara membandingkan dengan kelompok kontrol. Pemilihan objek penelitian untuk pengelompokan dan pemberian perlakuan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 18 tikus dibagi dalam 3 kelompok perlakuan: Kelompok pakan standart, kelompok pakan mengandung RS 2 dari tepung pisang mentah, dan kelompok pakan mengandung RS3 dari tepung pisang mentah dengan modifikasi fisik pemanasan-pendinginan berulang.

Sumber Data

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia, Teknologi Pengolahan Pangan, Pilot Plant dan Nutrisi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Dengan karakteristik respon meliputi: berat badan, konsumsi pakan, respon glukosa darah dan profil lipid.

Sasaran Penelitian (Populasi/Sampel/ Subjek Penelitian)

Penelitian ini menggunakan tikus putih *Rattus norvegicus* strain Wistar (n = 18) yang dipilih secara acak dan memenuhi kriteria inklusi: tikus jantan, berbulu putih, tampak aktif, berumur 8 minggu mempunyai berat badan 100-200 gram. Tikus Wistar dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan dan masing-masing kelompok diberikan diet isokalori selama 15 hari. Adapun 3 jenis pakan yang digunakan yaitu: (1) kelompok pakan standar berdasarkan AIN-93 M dengan sumber karbohidrat adalah pati maizena,

(2) kelompok pakan perlakuan dengan sumber pati adalah tepung pisang mentah (RS2), (3) kelompok pakan perlakuan dengan mengganti sumber pati dengan tepung pisang mentah termodifikasi fisik pemanasan dan pendinginan berulang yang kaya pati resisten tipe 3 (RS3) (18). Penelitian ini disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Universitas Brawijaya dengan sertifikat no. 1008-KEP-UB tanggal 27 Agustus 2018.

Pembuatan Tepung Pisang Mentah RS2 dan Tepung Pisang Mentah Termodifikasi RS3 dengan Perebusan dan Pendinginan Berulang

Proses pembuatan tepung pisang mentah RS2 dan tepung pisang mentah termodifikasi fisik (kaya RS3) dengan tahapan: Bahan baku Pisang Candi mentah yang memiliki umur petik ± 80 hari dan 4 hari pasca panen yang diperoleh di Kabupaten Malang (19).

Selanjutnya dilakukan pengupasan kulit dan pemotongan dengan ketebalan 3 mm. Pisang direndam dengan larutan asam sitrat 1,5 % (b/v) selama 10 menit (pisang dan larutan asam sitrat =1:2) untuk mencegah pencoklatan enzimatis. Pada pembuatan tepung pisang mentah mengandung RS2, setelah perendaman dalam asam sitrat, pisang dikeringkan dengan *cabinet dryer* suhu $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam hingga diperoleh chips kering dan ditepungkan menggunakan blender kering dan diayak 60 mesh.

Pada pembuatan tepung pisang mentah termodifikasi fisik mengandung RS3, setelah irisan pisang direndam dalam asam sitrat, kemudian dilakukan proses pemanasan dan pendinginan berulang. Proses pemanasan dilakukan dengan cara merebus pisang dengan perbandingan pisang : air = 2:3. Air yang digunakan dalam panci perebus dididihkan terlebih dahulu pada suhu $100\pm 4^{\circ}\text{C}$, selanjutnya irisan pisang

dimasukan dan direbus selama 15±5 menit. Setelah perebusan, pisang didinginkan pada suhu ruang. Pisang selanjutnya didinginkan selama 24 jam dalam *freezer* (-26,1 ± 0,1°C) untuk memicu retrogradasi pati. Proses perebusan dan pendinginan dalam *freezer* dilakukan 2 siklus (perebusan 1-pendinginan 1- perebusan 2-pendinginan 2). Irisan pisang hasil pendinginan ke-2 kemudian dilakukan pengeringan dengan pengering *cabinet dryer* (suhu 60±2°C selama 6 jam) sehingga diperoleh *chips* kering. *Chips* kering digiling dengan menggunakan *blender* kering selama ± 3 menit. Tepung yang dihasilkan diayak dengan ukuran 60 mesh.

Pembuatan Pakan Formulasi

Komposisi bahan pakan standar dan perlakuan dibuat secara isokalori dan isoprotein mengacu pada *American Institute of Nutrition/ AIN 1993M* (20), komposisi selengkapnya disajikan pada Tabel 2. Pembuatan pakan dilakukan dengan mencampur semua bahan yang dibutuhkan yaitu: pati jagung (maizena), kasein (diganti susu skim dan disesuaikan kadar proteinnya per kilogram pakan setara dengan kadar protein formula AIN-93M), sukrosa, minyak kedelai, dekstrin, serat (*CMC*), mineral + vitamin *mix*. Pada pakan perlakuan, tepung pisang mentah (RS2), tepung pisang mentah termodifikasi (RS3) digunakan untuk mengganti maizena.

Pakan sesuai dengan formulasi diberikan pada masing-masing kelompok tikus selama 15 hari (18).

Pengembangan Instrumen dan Teknik

Pengumpulan Data

Pengukuran glukosa darah

Tahapan pengukuran respon glukosa darah mengacu pada Angelis-Pereira et al. (18) sebagai berikut: Masa adaptasi dilakukan selama 7 hari, dimana tikus diberi makan secara *ad libitum*

dengan jenis pakan susu pap sebanyak ±20 g/tikus. Pada hari ke-8 (hari ke-1 perlakuan), tikus dikelompokkan secara acak dan diberi pakan sesuai kelompok perlakuan, kelompok 1 adalah kelompok pakan standart berdasarkan rekomendasi diet AIN-93 M yang mengandung pati jagung. Kasein sebagai sumber protein diganti menggunakan susu skim; kelompok 2 adalah kelompok pakan mengandung tepung pisang tidak dimodifikasi (RS2) yang digunakan untuk mengganti pati jagung dari pakan standart dan kelompok 3 adalah kelompok pakan mengandung tepung pisang mentah modifikasi yang mengandung RS3 (hasil pemanasan dan pendinginan berulang) sebagai pengganti pati jagung pada pakan standart. Pakan diberikan selama 15 hari. Pakan diberikan sebanyak 20 g/ekor/hari. Sisa pakan ditimbang setiap hari untuk mengetahui jumlah pakan yang dikonsumsi. Penimbangan berat badan dilakukan 2 kali yaitu pada hari ke-0 dan pada hari ke-15. Pada hari ke-16 tikus dipuaskan selama 12 jam. Respon glikemik selama 2 jam setelah mengkonsumsi pakan yang berbeda-beda diamati dengan cara sebagai berikut: glukosa darah puasa diamati terlebih dahulu dengan menggunakan *Glucose tes* meter. Selanjutnya, tikus diberikan pakan sesuai perlakuan sebanyak 2 g selama 25 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran glukosa darah *post-meal* setiap 30 menit selama 2 jam (pada menit ke 30, 60, 90 dan ke 120) dengan *glucose-meter*. Teknik ini dilakukan menyerupai *oral glucose tolerance test* dari *American Diabetes Association* (ADA) (21) dan Sievenpiper et al. (22)

Hasil pengukuran glukosa darah puasa dan 2 jam postprandial di gambarkan dalam bentuk kurva. Analisis respon glikemik dilakukan dengan cara membandingkan luas area di bawah kurva respon glukosa setelah tikus mengkonsumsi pakan standar berbasis

AIN 93 M menggunakan sumber karbohidrat pati maizena dengan pakan perlakuan yang mengandung tepung pisang mentah (kaya RS2) atau pakan tepung pisang mentah modifikasi (kaya RS3) sebagai pengganti maizena/pati jagung (23).

Pengukuran profil lipid pada hari ke-16 tikus dipuasakan selama 12 jam, pengambilan darah dengan cara *sinus orbitalis*. Hasil analisis profil lipid dengan Kit DiaSys (24)

Pengukuran profil lipid

Tabel 1. Komposisi Nutrisi dan Sifat Termal Tepung Pisang Mentah (RS2) dan Tepung Pisang Mentah Termodifikasi (RS3)

| Parameter | Tepung Pisang Mentah Termodifikasi (RS3) | Tepung Pisang Mentah (RS2) | p-value |
|----------------------------------|--|----------------------------|----------|
| Komposisi Nutrisi | | | |
| Kadar air (%) | 7,69±0,05 | 6,51±0,02 | 0,177 |
| Kadar total gula (%) | 6,01 ±0,33 | 8,09±0,58 | 0,006 |
| Kadar total fenol (mg GAE/100 g) | 61,83±0,72 | 78,03±2,72 | 0,016 |
| Kadar serat pangan (%) | 10,37 ± 0,04 | 10,47±0,60 | 0,205 |
| Kadar pati resisten (%) | 3,84 ± 0,01 | 5,30±0,01 | 0,00009 |
| Kadar pati (%) | 77,36 ± 1,48 | 78,18±0,55 | 0,69 |
| Sifat Termal | | | |
| Entalphy (J/g) | 360,37±0,91 | 91,64±0,61 | 0,000059 |
| Mass change (%) | 17,33±0,13 | 4,57±0,14 | 0,005 |

* Data dalam rerata ± SD, dianalisis menggunakan *t-test*

Tabel 2. Formulasi Pakan Isokalori dan Isoprotein/isonitrogen

| Bahan | Kelompok I Pakan Standart (g) | Kelompok II Pakan Tepung Pisang Mentah kaya RS2 (g) | Kelompok III Pakan Tepung Pisang Mentah Modifikasi kaya RS3 (g) |
|---|-------------------------------------|--|--|
| Pati Jagung (Maizena) | 420,40 | - | - |
| Susu Skim | 361,70 | 361,70 | 361,70 |
| Dekstrin | 112,60 | 112,60 | 112,60 |
| Sukrosa | 72,64 | 37,63 | 46,36 |
| Minyak kedelai | 40,00 | 40,00 | 40,00 |
| CMC | 34,13 | 4,69 | 4,64 |
| Multivitamin | 6,43 | 6,43 | 6,43 |
| Multimineral | 2,07 | 2,07 | 2,07 |
| Tepung pisang mentah (kaya RS2) | - | 432,73 | - |
| Tepung pisang mentah termodifikasi (kaya RS3) | - | - | 437,32 |

Teknik Analisis Data

Data hasil percobaan secara *in vivo* dengan tikus Wistar meliputi berat badan, konsumsi pakan, respon glisemik dan profil lipid dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 5%. Apabila terjadi perbedaan maka dilanjutkan uji lanjut BNT dengan taraf 5% untuk melihat perbedaan antar perlakuan.

Analisis respon gikemik dari kadar glukosa setelah mengkonsumsi masing-masing pakan selama 2 jam/*postprandial* dihitung dengan cara menghitung luas area dibawah kurva dengan metode trapezoid dengan menggunakan *microsoft excel* (25).

HASIL PENELITIAN

Konsumsi Pakan Tikus dan Berat Badan

Asupan pakan merupakan jumlah pakan yang dikonsumsi oleh tikus yaitu selisih antara pakan awal yang diberikan dan sisa pakan. Rerata konsumsi pakan masing-masing kelompok adalah sebagai berikut:

Berdasarkan ANOVA, rerata jumlah pakan yang dikonsumsi oleh setiap kelompok tikus percobaan tidak berbeda nyata demikian juga nilai kalorinya (karena formulasi pakan dibuat isokalori dan isonitrogen). Penimbangan berat badan dilakukan 2 kali yaitu pada hari ke-0 dan pada hari ke-15. Hari ke-0 yaitu hari pada saat tikus telah menyelesaikan masa adaptasi namun belum diberi perlakuan pakan sesuai disain percobaan. Hari ke-15 adalah hari setelah pemberian pakan isokalori dan isonitrogen selama 15 hari perlakuan. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan jenis pakan tidak menyebabkan perbedaan yang nyata pada berat badan tikus, data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rerata Akumulasi Konsumsi Pakan Tikus*

| Kelompok Pakan | Konsumsi pakan (g/ekor/hari) | Konsumsi pakan (kkal/ekor/hari) |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Modifikasi AIN-93 M | 15.62±0.07 ^a | 59.38±0.27 ^a |
| T. Pisang Mentah (RS2) | 15.57±0.08 ^a | 59.37±0.31 ^a |
| T.Pisang Mentah Termodifikasi (RS3) | 15.44±0.09 ^a | 58.08±0.34 ^a |

*Nilai diatas menunjukkan nilai (rerata ± SD) konsumsi pakan dari 6 ekor tikus. Rerata yang didampingi dengan notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar jenis pakan pada uji lanjut BNT 5%

Tabel 4. Berat Badan (BB) Tikus Selama Percobaan*

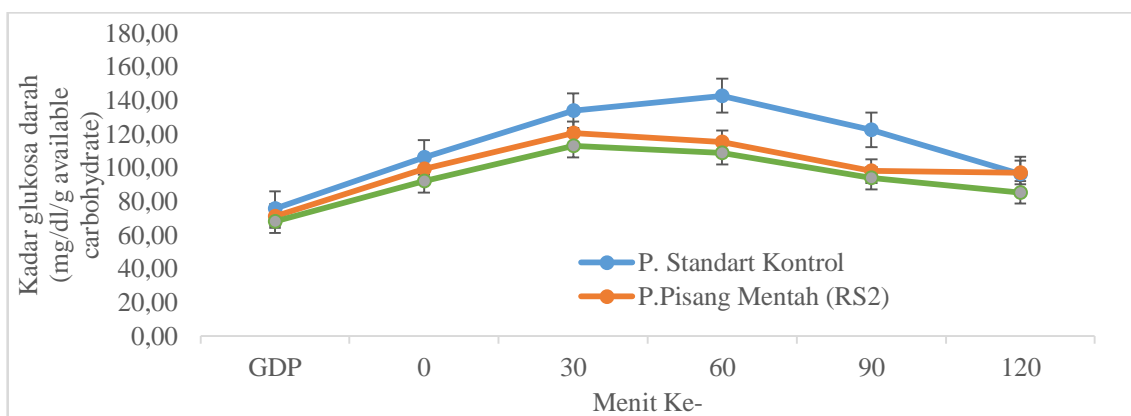
| Kelompok Pakan | BB hari ke-1 (g) | BB hari ke-15 (g) | Peningkatan BB (%) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Standart (Kontrol) | 155,16 ± 4,21 ^a | 171,5 ± 4,764 ^a | 10,6 ± 0,04 ^a |
| T. Pisang Mentah (kaya RS2) | 151,83 ± 11,58 ^a | 171,33 ± 12,73 ^a | 13,0 ± 0,076 ^a |
| T. Pisang Mentah Termodifikasi (kayaRS3) | 151,83 ± 11,58 ^a | 166,83 ± 6,17 ^a | 9,3 ± 0,056 ^a |

*Nilai diatas menunjukkan nilai (rerata ± SD) berat badan dari 6 ekor tikus. Rerata yang didampingi dengan notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar jenis pakan pada uji lanjut BNT 5%

Kadar Glukosa Darah

Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan dengan cara tikus dipuasakan selama 12 jam lalu diadakan pemeriksaan gula darah puasa.

Tikus diberikan *test food* berupa pakan sesuai jenis perlakuan kemudian dilakukan pemeriksaan glukosa darah setiap 30 menit selama 2 jam (26). Hasil analisis kadar glukosa darah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rerata Respon Glukosa Darah setelah mengkonsumsi masing-masing pakan. Kadar glukosa darah yang diukur adalah GDP: gula darah puasa, dan setiap 30 menit selama 2 jam.

Tabel 5. Tabel Kadar Glukosa Darah setiap 30 menit selama 2 jam pada hari 15

| Jenis Pakan | Kadar glukosa darah ^{1,2,3} (menit ke) | | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | GDP ⁴ | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| Standard (Modifikasi AIN 93 M) | 75,77±5,66 ^b | 106,01±7,83 ^b | 133,87±8,88 ^b | 152,78±6,96 ^b | 122,41±6,31 ^b | 96,31±5,71 ^b |
| T. Pisang Mentah | 71,19±5,05 ^a | 99,35±8,32 ^{ab} | 120,40±5,10 ^{ab} | 115,13±8,67 ^{ab} | 98,11±10,96 ^a | 97,18±9,42 ^b |
| T. Pisang Modifikasi | 67,95±1,15 ^a | 91,98± 4,97 ^a | 112,95±7,04 ^a | 108,66±8,44 ^a | 93,82±5,11 ^a | 85,25±3,95 ^a |
| BNT (0,05) | 7,73 | 12,52 | 12,49 | 15,03 | 13,71 | 11,76 |

1. Nilai diatas menunjukan nilai rerata glukosa darah ± standar deviasi dari 6 ekor tikus
2. Satuan dalam mg/dl/g karbohidrat
3. Rerata yang didampingi dengan notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji lanjut BNT 5%
4. Gula Darah Puasa (GDP) setelah pemberian 3 jenis pakan selama 15 hari.

Gambar 1 menunjukkan terjadi perbedaan respon glukosa darah akibat perbedaan jenis pakan perlakuan (sumber pati). Nilai glukosa darah cenderung rendah pada kelompok pakan tepung pisang modifikasi kaya RS3. Gula Darah Puasa/GDP adalah nilai glukosa darah setelah pemberian pakan selama 15 hari dan pengambilan glukosa darah dilakukan setelah tikus dipuaskan selama 12 jam. Kadar glukosa darah menit ke 0 adalah nilai glukosa darah setelah pemberian pakan (2 g pakan selama 25 menit). Kadar glukosa darah menit ke 30 adalah nilai glukosa darah setelah 30 menit mengkonsumsi pakan uji. Berdasarkan hasil ANOVA, pemberian jenis pakan berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa darah puasa (GDP), menit ke-0,30, 60, 90 dan 120 (Tabel 5). Pada kelompok pakan standart (kontrol) puncak kenaikan glukosa darah terjadi pada menit ke-60, sedangkan pada kelompok pakan tepung pisang mentah

(RS2) dan pakan tepung pisang mentah termodifikasi (RS3) puncak kenaikan glukosa darah terjadi pada menit ke-30, namun dengan kenaikan kadar glukosa darah yang lebih rendah dan kurva cenderung landai Kadar glukosa darah menurun pada menit ke-90 dan menit ke-120 untuk semua kelompok tikus.

Respon Glikemik

Respon glikemik ditentukan dengan cara menghitung luas area dibawah kurva untuk pakan standar dibandingkan dengan pakan uji (tepung pisang mentah). Perhitungan luas area di bawah kurva dilakukan dengan menggunakan metode trapezoid pada masing-masing waktu setelah dijumlahkan dan dirata-rata (25). Kadar respon glikemik pakan standart dan pakan perlakuan disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil ANOVA, perbedaan jenis pakan berpengaruh nyata terhadap nilai respon glikemik.

Tabel 6. Respon glikemik Area Under the Curve (AUC)

| Jenis Pakan | AUC | BNT |
|---|-------------------------------|---------|
| P. Standart | 17279,5 ± 586,4 ^b | 1150,83 |
| P.Tepung Pisang Mentah (RS2) | 15088,9 ± 863,4 ^{ab} | |
| P. Tepung Pisang Mentah Termodifikasi (RS3) | 15120,4 ± 467,5 ^a | |

Profil Lipid

Pengujian profil lipid dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis pakan terhadap kadar kolesterol, trigliserida, HDL dan LDL selama 15 hari (Tabel 7). Pada penelitian ini kadar kolesterol, trigliserida, HDL dan LDL

termasuk normal (27), namun pada kelompok yang diberikan tepung pisang mentah tanpa atau dengan modifikasi, kadar LDL cenderung rendah, kadar TAG lebih rendah ($p < 0.05$) dan kadar HDL lebih tinggi ($p < 0.05$) sementara total kolesterol tidak berbeda nyata.

Tabel 7. Rerata Profil Lipid Serum Darah Tikus Pada Akhir Perlakuan*

| Jenis Pakan | HDL (mg/dl) | TAG (mg/dl) | Kolesterol Total (mg/dl) | LDL (mg/dl) |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| P. Standart | 51,10 ± 4,48 ^a | 95,09 ± 1,31 ^b | 138,91 ± 2,35 ^a | 65,56 ± 2,24 ^a |
| P. Tepung Pisang Mentah (RS2) | 57,39 ± 3,30 ^{ab} | 90,09 ± 2,78 ^{ab} | 139,27 ± 1,34 ^a | 63,86 ± 2,94 ^a |
| P. Tepung Pisang Mentah Termodifikasi (RS3) | 58,20 ± 3,27 ^b | 89,89 ± 1,70 ^a | 138,58 ± 2,80 ^a | 62,39 ± 1,95 ^a |

* Nilai diatas menunjukkan nilai rerata kadar TAG (trigliserida= tri asil gliserol), HDL, LDL, total kolesterol ± standar deviasi dari 4 kali ulangan tikus. Rerata yang didampingi dengan notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar jenis pakan pada uji lanjut BNT 5%.

PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini mendukung hipotesis bahwa perbedaan sumber karbohidrat yang berasal dari jenis tepung (tepung maizena dan tepung pisang mentah kaya RS2 dan tepung pisang mentah termodifikasi kaya RS3) memberikan pengaruh terhadap berat badan, respon glukosa darah, dan profil lipid. Penggunaan tepung maizena berdampak respon glukosa darah dan profil lipid (HDL dan TAG) yang berbeda, sementara berat badan, kadar total kolesterol dan LDL tidak berbeda nyata.

Pengaruh Jenis Pakan Pakan Terhadap Berat Badan Tikus

Perbedaan sumber karbohidrat dapat mempengaruhi berat badan tikus (Tabel 1). Pakan yang diberikan pada tikus dikonsumsi dicerna dan dimanfaatkan oleh tubuh dengan baik sehingga dapat meningkatkan berat badan tikus. Sumber pati yang mengandung RS2 dan RS3 akan memberikan efek pengendalian berat badan yang berbeda-beda. Konsumsi pati resisten dapat mengontrol berat badan. RS yaitu fraksi kecil dari pati yang resisten (tahan) terhadap hidrolisis oleh enzim α -amilase dan enzim pululanase, sehingga laju absorpsi glukosa lebih rendah, fraksi pati resisten terfermentasi pada usus besar menjadi SCFA (28).

Tikus yang mengkonsumsi pakan standart dengan sumber pati jagung mengalami peningkatan berat badan yang tidak berbeda nyata dibandingkan berat badan tikus yang diberikan pakan tepung pisang mentah dan tepung pisang mentah termodifikasi. Meskipun tepung pisang memiliki kandungan serat dan pati resisten yang bersifat rendah cerna sehingga dapat mengendalikan berat badan, namun pada penelitian ini pakan dibuat isokalori, artinya kelompok tikus yang diberikan pakan tepung pisang dengan proporsi lebih besar, karena tepung pisang mengandung serat pangan yang tinggi (Tabel 1). Dengan nilai kalori pakan yang sama (Tabel 3), kemampuan meningkatkan berat badan juga sama, kemungkinan serat pangan dalam tepung pisang baru akan berdampak pada berat badan jika dikonsumsi dalam waktu yang lama. Tepung pisang termodifikasi dilaporkan berpotensi untuk menghambat obesitas. Pati resisten pada tepung pisang mentah termodifikasi (RS3) meskipun kadarnya lebih kecil, tetapi nilai enthalpy lebih besar (Tabel 1) yang lebih resisten terhadap suhu pengolahan dan hidrolisis enzim pencernaan, sehingga menimbulkan rasa kenyang yang lebih lama karena memperlambat proses pengosongan lambung, mengurangi frekuensi makan sehingga dapat mencegah obesitas (16). Pada pisang mentah terdapat pektin. Pektin merupakan jenis serat larut yang

bermanfaat bagi kesehatan. Konsumsi pektin dapat menurunkan kadar glukosa darah, bersifat hipolidemik dan memperkuat lapisan mukosa fosfolipid yang melindungi membran mukosa lambung (29)

Pengaruh Tepung Pisang Mentah Terhadap Respon Glukosa Darah dan Respon Glikemik

Meskipun tidak dijumpai perbedaan berat badan pada kelompok tikus perlakuan, namun konsumsi tepung pisang mentah kaya RS 2 dan RS 3 terbukti menghasilkan perbedaan kadar glukosa darah sebelum dan setelah intervensi pada kelompok perlakuan. Pada kelompok tikus yang mengkonsumsi pakan tepung pisang mentah termodifikasi yang mengandung (RS3), kadar glukosa darahnya lebih rendah dibandingkan kelompok tepung pisang mentah mengandung (RS2) dan pakan standart. Pati resisten merupakan jenis pati yang tidak tercerna sehingga tidak menimbulkan kenaikan glukosa darah dan terfermentasi menjadi SCFA. Hormon insulin akan diproduksi sebanding dengan jumlah glukosa dalam darah. Konsumsi pangan dengan kadar pati resisten akan mengontrol pelepasan glukosa darah lebih lambat. Dengan waktu pelepasan sekitar 5-7 jam. Hormon insulin bertugas meningkatkan laju transport glukosa ke dalam sel dan mengubahnya menjadi glikogen. Setelah mencapai puncak respon glikemik menurun karena sebagian glukosa telah dibawa insulin menuju sel otot sebagai glikogen atau dioksidasi sebagai energi (16). Konsumsi pati resisten dapat menurunkan kadar glukosa darah posprandial dan menurunkan sekresi hormone insulin.

Penurunan kadar glukosa disebabkan kandungan pati resisten dan pektin pada buah pisang mentah. Pektin secara umum terdapat didalam dinding

sel primer tanaman, khususnya disela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Kandungan pektin pada pisang mentah berkisar 20,93% buah per 100 gr bahan. Yang memiliki efek menurunkan respon glukosa darah. Selain itu, memiliki efek memperlama waktu transit dalam usus halus, meningkatkan masa feses, dapat terfermentasi pada usus besar (30). Pati resisten dapat menurunkan kadar glukosa darah postprandial dan kadar insulin (16).

Pektin pada pisang bersifat hipokolesterolemik karena dapat mengikat kolestrol. Makin banyak asam empedu/kolestrol yang berikatan dengan pectin, semakin banyak kolesterol yang dimetabolisme dalam liver, sehingga pada akhirnya kolesterol menurun jumlahnya. Selain itu, pektin juga dapat menyerap kelebihan air dalam usus, memperlunak feses, serta mengikat dan menghilangkan racun dari usus (31).

Pektin merupakan serat makanan, yang memiliki kemampuan membentuk gel sehingga dapat menurunkan absorpsi kolesterol. Pektin bersifat mengikat dan meningkatkan pengeluaran asam empedu yang kemudian akan terbuang bersama-sama feses. Pengikatan asam empedu oleh pektin menyebabkan asam empedu keluar dari siklus enterohepatik. Penurunan jumlah asam empedu menyebabkan hepar menggunakan kolesterol dalam darah sebagai bahan untuk membentuk asam empedu. Peningkatan asam empedu feses atau kolesterol yang hilang dapat menyebabkan penurunan kolesterol plasma, dan meningkatkan biosintesis turnover kolesterol pada hewan coba (31).

Frukto-oligosakarida (FOS) adalah golongan polisakarida rantai sedang yang terdapat pada pisang mentah. Kandungan FOS pada pisang mentah mencapai 10,9 mg/g. Kandungan salah satu jenis pada pisang memiliki peran terhadap kadar glukosa darah. FOS

terfermentasi didalam kolon dan menjadi prebiotik. FOS pada pisang akan terfermentasi di kolon menghasilkan SCFA (*short chain fatty acids*) yang terdiri atas asetat, butirat dan propionate (8). Asam lemak rantai pendek dapat meningkatkan kesehatan dan memiliki efek hipoglikemik (8).

Kandungan antioksidan pada pisang seperti β -karoten dan flavonoid memiliki efek hipoglikemik dengan mekanisme penghambatan radikal bebas yang dapat merusak pancreas, sehingga pankreas dapat secara optimal menghasilkan insulin. β -karoten dapat menurunkan kadar glukosa dengan meningkatkan sensitifitas *glucose transporter* GLUT-4 (32). Flavonoid pada pisang dapat meningkatkan sensitifitas jaringan terhadap insulin dengan mengaktifkan insulin reseptor atau sebagai activator reseptor insulin tirosin kinase (30).

Adanya proses pemanasan dan pendinginan berulang menurunkan daya cerna pati pisang yang mengandung RS3 lebih rendah dibandingkan daya cerna pati pisang yang mengandung RS2. Pati resisten tipe 3 (RS3) mempengaruhi kadar glukosa postprandial melalui tiga mekanisme umum: menghambat aktivitas enzim alpha-amilase dalam mencerna pati menjadi glukosa, meningkatkan viskositas *digesta/chyme* di usus halus yang memperlambat laju pengambilan glukosa, dan mengikat glukosa yang mencegah difusi ke dalam sel mukosa (33)

Konsumsi pati-patian yang mengandung RS dapat memperlama rasa kenyang, menstimulasi peningkatan GLP-1 dalam meningkatkan sensitivitas insulin (33). Konsumsi RS3 dapat menghasilkan SCFA jenis propionate dan butirat yang lebih tinggi dari pada RS2 (10). Butirat mencegah proliferasi sel kanker dan mencegah kanker usus. Propionat meningkatkan sensitivitas

insulin dan menghambat terjadinya kanker kolon (34). SCFA dapat memicu enzim peptide usus YY (PYY) yang dapat menekan nafsu makan dan menjaga homeostatis glukosa (35).

Respon glikemik yang rendah pada pakan tepung pisang mentah termodifikasi juga terjadi karena adanya kandungan pati resisten (RS3) yang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah. Proses pemanasan-pendinginan berulang dapat meningkatkan reasosiasi amilosa sehingga pati sulit dicerna (36). Adapun mekanisme pati resisten tipe 3 (RS3) dalam menghambat peningkatan kadar glukosa darah 2-jam postprandial diduga karena RS3 dapat meningkatkan viskositas lambung dan usus sehingga penyerapan glukosa menjadi terhambat, sehingga kadar glukosa rendah, adanya (RS3) dilaporkan dapat menghambat kerja enzim alfa amilase, meningkatkan hormon GLP-1 dan menurunkan sekresi insulin (7)

Pengaruh Tepung Pisang Terhadap Profil Lipid

Mekanisme pati resisten dalam menurunkan kolesterol diduga terkait dengan penghambatan absorpsi kolesterol dalam makanan dan peningkatan produksi empedu (36). Penurunan kadar kolesterol dan trigliserida oleh serat pangan dilakukan dengan cara mengikat asam lemak bebas serta kolesterol dalam saluran pencernaan kemudian dibuang melalui feses. Adanya serat pangan juga dapat difermentasikan oleh mikroflora didalam usus sehingga menghasilkan asam asetat, propionat dan butirat yang dapat menghambat sintesis kolesterol (30). Kemampuan pati resisten dalam menurunkan total kolesterol terjadi akibat adanya penghambatan absorpsi kolesterol serta pengambilan kolesterol darah oleh hati sebagai bahan baku sintesis garam empedu yang terus meningkat yang

berdampak pada penurunan kolesterol darah (24).

Konsumsi pati yang mengandung RS3 dapat menghasilkan asam lemak rantai pendek jenis propionat (yang dihasilkan dari fermentasi pati resisten di usus). Propionat menghambat kerja *HMG CoA (3 hidrokxi 3 metil glutaril koenzim A reductase)* sehingga sintesis kolesterol berkurang. Propionat menghambat *gluconeogenesis* melalui konversi *HMG CoA* menjadi *metil malonil Co-A* dan *suksinil Co-A* dan mereduksi asam lemak bebas dalam plasma (37). Propionat meningkatkan sensitivitas insulin. Konsumsi supplement dengan kandungan pati resisten 20 g/hari dilaporkan dapat mencegah resistensi insulin (38).

Kandungan fenol pada tepung pisang (Tabel 1) RS2 dan RS3 berturut-turut sebesar 78,03 dan 61,83 mg GAE/100 g. Menurun dengan pemanasan dan pengeringan karena sifat fenol yang larut air. Fenol merupakan komponen bioaktif pada pisang yang bermanfaat bagi kesehatan. Jenis fenol yang terdapat pada pisang adalah : katekin, epikatekin, tanin dan antosianin. Komponen bioaktif berperan sebagai antioksidan dan *chelating agent*. Komponen biokatif fenol pada tepung pisang mentah dapat mencegah oksidasi LDL dengan cara mendonorkan hidrogen dari kelompok aromatic hidroksil (-OH) untuk mencegah oksidasi lipid (39).

SIMPULAN

Pemberian pakan menggunakan tepung pisang termodifikasi (RS3) selama 15 hari dapat memperbaiki respon glisemik dan profil lipida darah dengan nilai penurunan respon glukosa darah sebesar 13,02%, penurunan nilai AUC sebesar 22,37%, penurunan TAG sebesar 5,78%, penurunan nilai kolestrol sebesar 0,2 %, penurunan LDL sebesar 5,08% dan peningkatan nilai HDL sebesar 13,89% pada tikus Wistar sehat.

Perbaikan respon glikemik dapat terjadi melalui mekanisme penurunan laju absorpsi glukosa dan peningkatan sensitivitas jaringan terhadap insulin. Perbaikan profil lipid dapat terjadi melalui mekanisme tidak langsung yaitu pembentukan propionate dari fermentasi serat pangan pada tepung pisang RS 2 dan RS 3 yang berperan dalam mereduksi asam lemak bebas dalam plasma, mencegah *gluconeogenesis* dan menghambat *HMGCoA reductase*.

DAFTAR RUJUKAN

1. Dewi A, Isnawati M. Pengaruh Nasi Putih Baru Matang dan Nasi Putih Kemarin (Tetrogradasi) Terhadap Kadar Glukosa Darah Posprandial Pada Subjek Wanita Pra Diabetes. *J Nutr Coll.* 2013;2(3):411–418.
2. Global Report on Diabetes. 22 Oktober 1019:88
3. Karuranga S, Fernandes J. IDF Diabetes Atlas Eight edition 2017. IDF Diabetes Atlas, 8th edition. 2017. 1–150.
4. Nuraini IS, Sulchan M, Diény FF. Resistensi Insulin pada Remaja Stunted Obesity Usia 15-18 Tahun di Kota Semarang. *J Nutr Coll.* 2017;6(2):164–171.
5. Nurhayati, Ahmad N, Pratiwi YN. Evaluasi Sifat Prebiotik Serat Pangan Tidak Larut Air (STLA) Terekstrak Dari Tepung Buah Pisang Agung dan Pisang Mas. *J Agroteknologi.* 2015;09(01):77–83.
6. Suwandi, Nuryati L, Waryanto B. Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Holikultura Pisang. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian 2016.(Diunduh: 22 Oktober 2019). Available from:epublikasi.pertanian.go.id).
7. Falcomer AL, Riquette RFR, de

- Lima BR, Ginani C, Zandonadi RP. Health Benefits of Green Banana Consumption : A Systematic Review. *Nutrients*. 2019;11:-22.
8. Wahyuni PT, Syauqy A. Pengaruh Pemberian Pisang Kepok (*Musa paradisiaca forma typical*) terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa pada Tikus Sprague Dawley Pra Sindrom Metabolik. *J Nutr Coll*. 2015;4:547–556.
 9. Obiageli AO, Izundu AI, Pauline IA, Ukamaka OG. Proximate Compositions of Fruits of Three Musa Species at Three Stages of Development. *IOSR J Dent Med Sci*. 2016;15(6):107–117.
 10. Milana CT, Giselli HL, Cerdenette. Colonic Fermentation of Unavailable Carbohydrates from Unripe Banana and its Influence Over Glycemic Control. *Plant Foods Hum Nutr*. 2015;297–303.
 11. Elif Inan Eroglu ZB. The Effect of Various Cooking Method on Resistant Starch Content of Foods. *Nutr Food Sci*. 2017;47:522–533
 12. Fabbri ADT, Schacht RW, Crosby GA. Evaluation of Resistant Starch Content of Cooked Black Beans, Pinto Beans, and Chickpeas. *NFS Journal*. 2016;3:8–12
 13. Sagum R, Arcot J. Effect of Domestic Processing Methods on the Starch, Non-Starch Polysaccharides and in Vitro Starch and Protein Digestibility of Three Varieties of Rice with Varying Levels of Amylose. *Food Chem*. 2000;70(1):107–111.
 15. Dupuis JH, Liu Q, Yada RY. Methodologies for Increasing the Resistant Starch Content of Food Starches: A Review. *Compr Review in Food Science and Food Safety*. 2015;13:1219–1234..
 15. B Suguilan AA, Huicochea EF, Tovar J. Resistant Starch-Rich Powders Prepared by Autoclaving of Native and Lintnerized Banana Starch: Partial Characterization. *starch*. 2005;57:405–412.
 16. Luiza M, Gomez PA, Cristina M, Lui Y, et al. Impact of Resistant Starch from Unripe Banana Flour on Hunger , Satiety ,and Glucose Homeostasis in Healthy Volunteers. *J Funct Foods* 2016;24:63–74
 17. Khalil M, Tabikha MM, Hosny M, Kortam A. Physiochemical and Sensory Evaluation of Some Bakery Products Supplemented with Unripe Banana Flour as a Source of Resistant Starch. *J Food Dairy Sci*. 2017;8(10):411–417.
 18. Angelis-Pereira MC. Chemical Composition of Unripe Banana Peels and Pulps Flours and Its Effects on Blood Glucose of Rats. *Nutrition & Food Sci*. 2017;46(4):504–516.
 19. Emaga TH, Bindelle J, Agneesens R, Buldgen A, et al. Ripening Influences Banana and Plantain Peels Composition and Energy Content. *Trop Anim Heal Pround*. 2011;43:171–177.
 20. Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *J Nutr*. 1993;1939–1951.
 21. American Diabetes Association. Standart of Medical Care in Diabetes 2010;33.S11-S61.
 22. Sievenpiper JL, Jenkins DJA, Josse RG, Vuksan V. Dilution of the 75-g Oral Glucose Tolerance Test Improves Overall Tolerability But Not Reproducibility in

- Subjects with Different Body Compositions. *Diabetes Res Clin Pract.* 2001;51(2):87–95.
23. Gonzalez-Anton C, Rico MC, Sanchez-Rodriguez E, Ruiz-Lopez MD, Gil A, Mesa MD. Glycemic Responses, Appetite Ratings and Gastrointestinal Hormone Responses of Most Common Breads Consumed in Spain. A Randomized Control Trial in Healthy Humans. *Nutrients.* 2015;7(6):4033–53.
 24. Adekiya TA, Shodehinde SA, Aruleba RT. Anti-Hypercholesterolemic Effect of Unripe *Musa Paradisiaca* Products on Hypercholesterolemia- Induced Rats. *J Appl Pharm Sci.* 2018 ;8(10):90–97.
 25. Rezkia A. Perbedaan Indeks Glikemik Beberapa Menu Makanan Berbahan Dasar Nasi. [Skripsi]. Universitas Islam Hidayatullah. 2015.
 26. Menezes EW, Tadini CC, Tribess TB, Zuleta A, et al. Chemical Composition and Nutritional Value of Unripe Banana Flour (*Musa acuminata*, var. *Nanicão*). *Plant Foods Hum Nutr.* 2011;66(3):231–237.
 27. Hangbao M, Shieh KJ. Cholesterol and Health. *The Journal of American Science.* 2006;2(1):74–77.
 28. Zafar TA, Martin B, Weaver CM. Resistant Starches (RS2 and RS3) have Variable Effects on Bone Mineral Status in Rats. *Open Nutr J.* 2010;3(1):17–22.
 29. Joshi G, Kumar Sarangi M. A Review on banana starch. *Planta Act.* 2015;2015(3):1–8.
 30. Cressey R, Kumsaiyai W, Mangklabruks A. Daily Consumption of Banana Marginally Improves Blood Glucose and Lipid Profile in Hypercholesterolemic Subjects and Increases Serum Adiponectin in Type 2 Diabetic Patients. *Indian J Exp Biol.* 2015;52(12):1173–1181.
 31. Setianingsih N. Pengaruh Ekstrak Buah Pisang Dan Ekstrak Buah Alpukat Terhadap Kadar Kolesterol Mencit Betina. *Biota.* 2017;3(2):48-53.
 32. Milagros G, Duarte J, Zarzuelo A. Pengaruh Suplementasi β -Karoten terhadap Kadar Glukosa Darah dan Kadar Malondialdehida pada Tikus Sprague Dawley yang diinduksi Streptozotocin. 2016;2(2):41–46.
 33. Hoffmann Sardá FA, Giuntini EB, Gomez MLPA, Lui MCY, Negrini JAE, Tadini CC, et al. Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. *J Funct Foods .* 2016;24:63–74.
 34. Cheng HH, Lai MH. Fermentation of Resistant Rice Starch Produces Propionate Reducing Serum and Hepatic Cholesterol in Rats. *J Nutr.* 2000;130(8):1991–1995..
 35. Bindels LB, Walter J, Ramer-Tait AE. Resistant Starches for the Management of Metabolic Diseases. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2015;18(6):559–565.
 36. Widiastini A, Sakinah EN, Yudha N, Firdaus J. Efek Pati Tahan Cerna Tipe 3 Singkong (*Monihot esculente Crantz*). *Journal of Agromedicine and Medical Science.* 2018;53(9):1689–1699.
 37. Todesco T, Rao A V., Bosello O, Jenkins DJA. Propionate Lowers Blood Glucose and Alters Lipid Metabolism in Healthy Subjects. *Am J Clin Nutr.* 1991;54(5):860–865.

38. Robertson MD, Bickerton AS, Dennis AL, Vidal H, et al. Insulin-Sensitizing Effects of Dietary Resistant Starch and Effects on Skeletal Muscle and Adipose Tissue Metabolism. *Am J Clin Nutr.* 2005;82(3):559–67.
39. Jiwan S, Sidhu, Zafar TA. Bioactive Compounds in Banana Fruits and Their Health Benefits. *Food Qual Saf.* 2018;2(4):183–188