

## PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG SORGUM (*Sorghum bicolor L. Moench*) TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH PUASA TIKUS DIABETES

Arini Citra Dewi, Nurmasari Widyastuti\*, Enny Probosari

Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro. Jl. Prof. H. Soedarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia. \*Penulis Penanggungjawab: E-mail: [widyastutinurmasari@gmail.com](mailto:widyastutinurmasari@gmail.com).

### ABSTRACT

**Background :** Diabetes is an endocrine disease which is characterized by hyperglycemia as a result of insulin resistance. Sorghum flour has low glycemic index and high fiber which can reduce fasting blood glucose and increase insulin sensitivity.

**Objectives:** To study the effect of sorghum flour on fasting blood glucose level on diabetic rats.

**Methods :** This was a true experimental study with pretest-posttest randomized control group design. There were 18 rats divided in 3 groups: the negative control group (K-) and the positive control group (K+) were administered 20 g/day standar diet; and the treatment group (P) was administered 5 g/day sorghum flour and 15 g/day standar diet for 28 days. Fasting blood glucose was measured by GOD – PAP method with spectrofotometer. Collected data were analyzed statistically using Paired t – Test, One Way Anova Test, and Kruskal Wallis Test.

**Results:** There were significant difference on fasting blood glucose between groups before intervention ( $p=0.000$ ) and after intervention ( $p=0.000$ ). The difference in the decrease in fasting blood glucose levels in the treatment group (P) was  $150.63 \pm 2.57$  mg/dl ( $p = 0.000$ ).

**Conclusion :** Sorghum flour can reduce fasting blood glucose on diabetic rats significantly.

**Keywords :** Sorghum flour; diabetes; fasting blood glucose

### ABSTRAK

**Latar Belakang :** Diabetes adalah kelainan endokrin yang ditandai dengan hiperglikemi akibat resistensi insulin. Tepung sorgum memiliki indeks glikemik yang tergolong rendah dan kandungan serat yang tinggi sehingga dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa dan meningkatkan sensitivitas insulin.

**Tujuan:** Mengetahui perbedaan pemberian tepung sorgum terhadap kadar glukosa darah puasa pada tikus diabetes.

**Metode :** Penelitian true experimental dengan desain pretest-posttest randomized control group. Sebanyak 18 ekor tikus wistar jantan dibagi menjadi 3 kelompok meliputi kelompok kontrol negatif (K -), kontrol positif (K +) dan perlakuan (P). Kelompok K – dan K + diberi pakan standar sebanyak 20 g/hari, sedangkan P diberi pakan yang terdiri dari tepung sorgum 5 g/hari dan pakan standar sebanyak 15 g/hari selama 28 hari. Kadar glukosa darah diukur dengan metode GOD – PAP menggunakan spektrofotometer. Data yang terkumpul dianalisis secara statistik menggunakan uji Paired t – Test, uji One Way Anova, dan uji Kruskal Wallis.

**Hasil:** Terdapat perbedaan signifikan kadar glukosa darah puasa antar kelompok sebelum ( $p=0,000$ ) dan sesudah ( $p=0,000$ ) pemberian perlakuan Selisih penurunan kadar glukosa darah puasa pada kelompok P sebanyak  $150,63 \pm 2,57$  mg/dl ( $p=0,000$ ).

**Simpulan :** Tepung sorgum dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa tikus diabetes secara signifikan.

**Kata Kunci :** Tepung sorgum; diabetes; kadar glukosa darah puasa

### PENDAHULUAN

Karbohidrat adalah sumber energi utama yang dapat ditemukan dalam buah, sayur, sereal, dan kacang-kacangan. Karbohidrat dihidrolisis menjadi monosakarida oleh enzim glukosidase di dalam sistem pencernaan untuk memudahkan penyerapan, pembentukan, dan penyimpanan energi di dalam sel. Glukosa merupakan salah satu jenis monosakarida dan sumber energi esensial di dalam sel serta jaringan.<sup>1</sup> Homeostatis glukosa darah terjadi untuk menjaga glukosa darah dalam keadaan normal. Penurunan kadar glukosa darah (hipoglikemi) dapat

menyebabkan kejang, penurunan kesadaran, dan kematian, sedangkan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemi) dapat menyebabkan kebutaan, gagal ginjal, penyakit vaskuler, dan neuropati.<sup>2</sup>

Kelainan sistem endokrin yang ditandai dengan terjadinya hiperglikemi akibat resistensi insulin disebut sebagai diabetes mellitus (diabetes).<sup>3</sup> Estimasi prevalensi secara global menunjukkan bahwa sebanyak 382 juta orang (8,3%) mengalami diabetes pada tahun 2013 dan jumlahnya akan meningkat menjadi 592 juta (10,1%) pada tahun 2035.<sup>4</sup> Penyebab diabetes adalah interaksi antara

faktor genetik (resistensi insulin dan kelainan sekresi insulin) dan faktor lingkungan (obesitas, kelebihan asupan energi, kekurangan aktivitas fisik, stress, serta penuaan).<sup>5</sup>

Adapun salah satu bentuk manajemen diabetes yaitu pengaturan asupan sesuai dengan penatalaksanaan diet untuk diabetes.<sup>6</sup> Rentang kebutuhan kalori untuk penderita diabetes sebesar 25-30 kkal/kgBB ideal ditambah atau dikurangi oleh beberapa faktor meliputi jenis kelamin, umur, aktivitas, stress metabolik, dan berat badan.<sup>6</sup> Rata-rata asupan kalori masyarakat Indonesia sebesar 2119,1 kkal dan sebanyak 41,11% dari kalori yang diasup tersebut berasal dari kelompok sereal.<sup>7</sup> Selain itu, rata-rata konsumsi bahan makanan per kapita seminggu di Indonesia sebagian besar berupa sereal.<sup>8</sup> Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman jenis sereal yang memiliki produktivitas tinggi, dapat ditanam di segala jenis tanah, dan beberapa jenis sorgum tahan hama. Data mengenai konsumsi sorgum menunjukkan bahwa sebanyak 620.000 ton sorgum dikonsumsi pada tahun 2014 di China.<sup>9</sup> Produktivitas sorgum di Indonesia tergolong cukup tinggi yaitu 4.241-66.172 ton/hektar.<sup>1</sup>

Sorgum memiliki jumlah karbohidrat sebanyak 65-80%, protein sebanyak 7-15%, lemak sebanyak 1,5-6%,<sup>11</sup> dan serat sebanyak 7,6- 9,2%.<sup>12</sup> Serat yang terkandung dalam sorgum 6,8-8,4% lebih besar daripada serat dalam beras.<sup>13</sup> Selain itu, sorgum juga digunakan sebagai pengganti beras di beberapa daerah di Wonogiri, Sumenep, dan area pedesaan lainnya. Pengolahan biji sorgum menjadi tepung sorgum dilakukan karena tepung memiliki umur simpan yang lebih lama, mudah dicampurkan dengan bahan makanan lainnya, dan dapat diolah menjadi berbagai produk seperti mie, bubur, bihun, kue kering, kue basah, dan lain-lain. Tepung sorgum memiliki indeks glikemik sebesar 36<sup>14</sup> yang termasuk indeks glikemik rendah dan kandungan serat sebesar 8,83% yang terdiri dari serat larut air sebesar 2,39 % dan serat tak larut air sebesar 6,44%.<sup>15</sup> Tepung sorgum memiliki indeks glikemik yang lebih rendah daripada indeks glikemik beras (97,48).<sup>16</sup> Indeks glikemik merupakan parameter yang menunjukkan pengaruh fisiologis bahan makanan terhadap glukosa darah setelah bahan makanan tersebut dikonsumsi. Konsumsi bahan makanan dengan indeks glikemik rendah dapat menyebabkan proses penyerapan karbohidrat dan penyerapan glukosa menjadi lebih lambat sehingga fluktuasi kadar glukosa darah relatif sedikit.<sup>17</sup> Kebiasaan konsumsi bahan makanan dengan indeks glikemik rendah dapat memberikan dampak yang baik yaitu penurunan kadar glukosa darah pada individu dengan diabetes.<sup>18</sup>

Kebiasaan konsumsi serat dapat memberikan efek hipoglikemik di dalam tubuh. Serat larut air dapat membentuk gel yang dapat memperlambat pengosongan lambung, memperlambat transit di usus kecil, dan menurunkan difusi glukosa sehingga dapat menurunkan glukosa darah postprandial.<sup>19</sup> Serat tak larut air dapat mempercepat pelepasan hormon incretin yang menstimulasi produksi insulin dan pembentukan asam lemak rantai pendek melalui fermentasi sehingga terjadi penurunan glukosa darah.<sup>20</sup> Konsumsi diet tinggi serat dapat memperbaiki kontrol glikemik pada pasien diabetes.<sup>21</sup>

Penelitian mengenai ekstrak sorgum menunjukkan bahwa pemberian ekstrak sorgum dapat menurunkan kadar glukosa darah pada tikus diabetes<sup>22</sup> dan memperbaiki sensitivitas insulin pada mencit yang diberi pakan tinggi lemak.<sup>23</sup> Ekstrak fenolik sorgum juga dapat menurunkan serum glukosa dan meningkatkan serum insulin pada tikus diabetes.<sup>24</sup> Akan tetapi penelitian mengenai dampak pemberian sorgum dalam bentuk bahan makanan tepung belum pernah dilakukan sebelumnya sehingga perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas pemberian tepung sorgum terhadap kadar glukosa darah puasa tikus diabetes tipe 2. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung sorgum terhadap kadar glukosa darah puasa tikus diabetes.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *true experimental* dengan desain *pre test and post test randomized control group*. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (Lab. PSPG UGM) pada Januari- Februari 2019. Tikus didapatkan dari Unit Pengembangan Hewan Coba Universitas Gadjah Mada (UPHP UGM). Variabel bebas penelitian ini adalah pemberian tepung sorgum sedangkan variabel terikatnya yaitu kadar glukosa darah puasa. Variabel terkontrol pada penelitian ini meliputi galur, jenis kelamin, umur, pakan, dan sistem perkandangan hewan coba.

Tikus jantan galur wistar menjadi subyek pada penelitian ini dengan kriteria inklusi meliputi memiliki berat badan 180-200 g, berumur 8-12 minggu, dan tikus dalam kondisi sehat (tidak ada luka, tidak cacat, serta bergerak aktif). Adapun kriteria eksklusi yaitu tikus mati saat penelitian berlangsung. Jumlah subyek ditentukan berdasarkan jumlah sampel minimal untuk hewan coba menurut *World Health Organization* (WHO) yakni 5 ekor dengan ditambahkan 1 ekor pada setiap kelompok untuk mengantisipasi adanya *drop out* sehingga jumlah tikus yang digunakan sebanyak 18 ekor.

Dosis intervensi ditentukan berdasarkan rekomendasi asupan serat untuk individu yang mengalami diabetes sebesar 20 g/hari.<sup>6</sup> Jumlah serat tersebut terdapat dalam tepung sorgum sebanyak 226,5 g kemudian dikonversikan menjadi 4,1 g untuk penelitian dengan hewan coba. Jumlah tersebut dibulatkan menjadi 5 g untuk mengantisipasi konsumsi pakan yang tidak sesuai dosis intervensi.

Sorgum didapatkan dalam bentuk biji dari Pracimantoro, Wonogiri. Biji sorgum yang digunakan adalah biji yang tidak disosoh, tidak terdapat kutu, dan tidak terdapat kapang. Biji sorgum tersebut diolah menjadi tepung sorgum dengan cara menggiling biji menggunakan *grinder* kemudian mengayaknya dengan ayakan berukuran 70 mesh. Tepung sorgum dicampurkan dengan pakan standar dengan jumlah tepung sorgum sebanyak 5 g dan pakan standar sebanyak 15 g. Campuran tersebut dicetak dalam bentuk pellet menggunakan ekstruder lalu dikeringkan pada suhu  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  menggunakan *cabin dryer* selama 8 jam. Pakan campuran ini dibuat di Lab. PSPG UGM sebanyak satu kali pada awal penelitian.

Tikus diaklimatisasi selama 7 hari kemudian dibagi menjadi 3 kelompok dengan metode *simple random sampling*. Kelompok tersebut terdiri dari kelompok kontrol negatif (K-), kontrol positif (K+), dan perlakuan (P). Pengkondisian diabetes dengan induksi *Streptozotocin* (STZ) sebesar 45 mg/kg dan *Nicotinamide* (NA) sebesar 110 mg/kg secara intraperitoneal dilakukan pada kelompok K+ dan P. Induksi NA dilakukan terlebih dahulu dilanjutkan dengan induksi STZ setelah 15 menit. Kondisi diabetes tercapai apabila kadar glukosa darah puasa (GDP)  $\geq 250$  mg/dL.<sup>25</sup>

Pakan yang diberikan pada kelompok K- dan K+ berupa pakan standar *Comfeed AD II* sebanyak 20 g/hari sedangkan kelompok P diberi pakan yang terdiri dari pakan standar sebanyak 15 g/hari dan tepung sorgum sebanyak 5 g/hari selama 28 hari secara *ad libitum*. Setiap 100 g pakan standar terdapat 12% air, 51% karbohidrat, 15% protein kasar, 3-7% lemak kasar, 6% serat kasar, 7% abu, 0,9-1,1% kalsium, dan 0,55% fosfor. Zat gizi yang terkandung dalam 100 g tepung sorgum meliputi 12,53% air, 73,06% karbohidrat, 8,91% protein, 4,14% lemak, 8,83% serat, dan 1,36% abu.<sup>15</sup>

Data yang dikumpulkan meliputi kadar GDP yang dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada hari ke-3 pasca induksi STZ-NA dan sesudah pemberian perlakuan dengan metode GOD-PAP menggunakan spektrofotometer, berat badan yang diukur setiap 3 hari, dan berat sisa pakan yang diukur setiap hari untuk mengetahui jumlah pakan yang dikonsumsi. Penelitian ini telah mendapatkan *ethical clearance*

dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro No.02/EC/H/FK-UNDIP/I/2019. Data yang diperoleh diukur normalitasnya menggunakan uji *Saphiro Wilks* kemudian dianalisis dengan uji *Paired t-Test* untuk mengetahui perbedaan rerata sebelum dan sesudah pemberian perlakuan. Uji *One Way Anova* dilakukan pada data yang terdistribusi normal sedangkan uji *Kruskal Wallis* dilakukan pada data yang tidak terdistribusi normal untuk mengetahui perbedaan rerata antar kelompok.

## HASIL

### Karakteristik Subyek

Tikus wistar jantan sebanyak 18 ekor dikandangkan secara individu dan tidak ada yang *drop out* selama penelitian berlangsung. Tabel 1 menunjukkan bahwa kelompok K- memiliki rerata kadar GDP sebesar 67,96 mg/dL yang termasuk dalam rentang 50 – 135 mg/dL<sup>26</sup> sehingga tergolong normal sedangkan kelompok K+ dan P memiliki kadar GDP sebesar 267,06 mg/dL yang termasuk dalam kriteria diabetes. Berdasarkan uji lanjut *Tukey*, tidak ada perbedaan rerata GDP pada kelompok K+ dan P tetapi terdapat perbedaan rerata GDP pada K-. Setiap kelompok tidak memiliki perbedaan berat badan yang signifikan berdasarkan uji *One Way Anova*. Rerata berat badan tikus kelompok K-, K+, dan P secara berurut – urut yaitu 195,67 g, 191,17 g, dan 189,67 g.

**Tabel 1. Karakteristik Subyek Pasca Induksi STZ – NA**

| Kelompok | GDP (mg/dL)<br>Rerata $\pm$ SB | Berat Badan (g)<br>Rerata $\pm$ SB |
|----------|--------------------------------|------------------------------------|
| K-       | 67,96 $\pm$ 1,83 <sup>a</sup>  | 195,67 $\pm$ 5,68                  |
| K+       | 267,06 $\pm$ 3,31 <sup>b</sup> | 191,17 $\pm$ 3,31                  |
| P        | 267,06 $\pm$ 3,25 <sup>b</sup> | 189,67 $\pm$ 5,60                  |
| p*       | 0,000                          | 0,130                              |

\*: Uji *One Way Anova*; <sup>a,b</sup>: notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan Uji lanjut *Tukey*

### Kadar Glukosa Darah Puasa

Hasil pengukuran GDP sebelum pemberian perlakuan menunjukkan bahwa GDP pada kelompok K- dalam rentang normal sedangkan pada kelompok K+ dan P dinyatakan mengalami diabetes. Berdasarkan tabel 2, terdapat penurunan yang signifikan pada kelompok P (p= 0,000) dan peningkatan yang signifikan pada K+ dan K- setelah pemberian perlakuan. Jumlah perubahan terbesar terjadi pada kelompok P yaitu sebesar 56,40%. Terdapat perbedaan rerata GDP antar kelompok yang signifikan berdasarkan uji *Anova* baik sebelum maupun sesudah pemberian perlakuan

( $p=0,000$ ). Uji lanjut *Tukey* menunjukkan adanya perbedaan rerata GDP signifikan pada kelompok K– sebelum pemberian perlakuan dan setiap kelompok setelah pemberian perlakuan. Terdapat perbedaan rerata perubahan GDP berdasarkan uji *Kruskal Wallis*. Uji lanjut *Mann Whitney* menunjukkan bahwa perubahan GDP pada kelompok P memiliki perbedaan yang signifikan pada K+ dan K– setelah pemberian perlakuan. Jumlah perubahan terbesar terjadi pada kelompok P yaitu sebesar 56,40%. Terdapat perbedaan rerata GDP antar kelompok

yang signifikan berdasarkan uji Anova baik sebelum maupun sesudah pemberian perlakuan. Uji lanjut *Tukey* menunjukkan adanya perbedaan rerata GDP signifikan pada kelompok K– sebelum pemberian perlakuan dan setiap kelompok setelah pemberian perlakuan. Terdapat perbedaan rerata perubahan GDP berdasarkan uji *Kruskal Wallis*. Uji lanjut *Mann Whitney* menunjukkan bahwa perubahan GDP pada kelompok P memiliki perbedaan yang signifikan.

**Tabel 2. Rerata Kadar Glukosa Darah Puasa Sebelum dan Sesudah Pemberian Perlakuan**

| Kelompok | Sebelum (mg/dL)<br>Rerata $\pm$ SB | Sesudah (mg/dL)<br>Rerata $\pm$ SB | $p^{**}$ | $\Delta$ perubahan<br>Rerata $\pm$ SB | %     |
|----------|------------------------------------|------------------------------------|----------|---------------------------------------|-------|
| K–       | 67,96 $\pm$ 1,83 <sup>a</sup>      | 69,17 $\pm$ 2,16 <sup>a</sup>      | 0,007    | 1,21 $\pm$ 0,66 <sup>d</sup>          | 1,78  |
| K+       | 267,06 $\pm$ 3,31 <sup>b</sup>     | 268,52 $\pm$ 3,83 <sup>b</sup>     | 0,004    | 1,45 $\pm$ 0,70 <sup>d</sup>          | 0,54  |
| P        | 267,06 $\pm$ 3,25 <sup>b</sup>     | 116,43 $\pm$ 1,59 <sup>c</sup>     | 0,000    | 150,63 $\pm$ 2,57 <sup>e</sup>        | 56,40 |
| $p^*$    | 0,000                              | 0,000                              |          | $p^{***}$ 0,003                       |       |

\*: Uji *One Way Anova* \*\*: Uji *Paired T-Test* \*\*\*: Uji *Kruskal Wallis* ; <sup>a,b,c</sup>: notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang berdasarkan Uji lanjut *Tukey*. ; <sup>d,e,f</sup>: berdasarkan Uji lanjut *Mann Whitney*

**Tabel 3. Rerata Berat Badan pada Masa Aklimatisasi dan Pasca Induksi STZ–NA**

| Kelompok | Aklimatisasi (g)<br>Rerata $\pm$ SB | Pasca Induksi (g)<br>Rerata $\pm$ SB | $p^{**}$ | $\Delta$ perubahan<br>Rerata $\pm$ SB | %    |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------|---------------------------------------|------|
| K–       | 188,25 $\pm$ 6,72                   | 195,67 $\pm$ 5,68                    | 0,000    | 7,41 $\pm$ 1,28 <sup>d</sup>          | 3,93 |
| K+       | 190,04 $\pm$ 3,13                   | 191,17 $\pm$ 3,31                    | 0,091    | 0,75 $\pm$ 0,88 <sup>e</sup>          | 0,39 |
| P        | 189,17 $\pm$ 5,48                   | 189,67 $\pm$ 5,60                    | 0,275    | 0,50 $\pm$ 1,00 <sup>e</sup>          | 0,26 |
| $p^*$    | 0,782                               | 0,130                                |          | $p^{***}$ 0,003                       |      |

\*: Uji *One Way Anova* \*\*: Uji *Paired T-Test* \*\*\*: Uji *Kruskal Wallis* ; <sup>a,b,c</sup>: notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan Uji lanjut *Tukey*. ; <sup>d,e,f</sup>: berdasarkan Uji lanjut *Mann Whitney*

### Berat Badan

Terdapat peningkatan berat badan (BB) yang signifikan pada setiap kelompok saat aklimatisasi dan pasca induksi STZ–NA pada kelompok K– berdasarkan tabel 3. Perubahan terbesar terjadi pada kelompok K– dengan perubahan sebesar 3,93%. Berdasarkan uji *Anova* tidak ada perbedaan rerata BB antar kelompok baik saat akimatisasi maupun pasca induksi STZ–NA. Uji *Kruskal Wallis* menunjukkan adanya perbedaan rerata perubahan BB setiap kelompok. Uji lanjut *Mann Whitney* menunjukkan adanya perbedaan rerata perubahan BB pada kelompok K–.

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa terjadi perubahan BB yang signifikan berupa

peningkatan BB pada kelompok K– ( $p=0,000$ ) dan P ( $p=0,000$ ) serta penurunan BB pada K+ ( $p=0,000$ ). Perubahan terbesar terjadi pada kelompok K– yaitu sebesar 11,24%. Hasil uji *Anova* menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rerata BB pasca induksi STZ–NA tetapi terdapat perbedaan rerata BB yang signifikan saat pemberian perlakuan. Berdasarkan uji lanjut *Tukey*, setiap kelompok memiliki perbedaan rerata BB secara signifikan ( $p=0,000$ ). Uji *Kruskal Wallis* menunjukkan adanya perbedaan rerata perubahan BB yang signifikan ( $p=0,001$ ) antar kelompok. Uji lanjut *Mann Whitney* menunjukkan perbedaan rerata perubahan BB pada setiap kelompok.

**Tabel 4. Rerata Berat Badan Pasca Induksi STZ–NA dan Pemberian Perlakuan**

| Kelompok | Pasca Induksi (g)<br>Rerata $\pm$ SB | Pemberian Perlakuan (g)<br>Rerata $\pm$ SB | $p^{**}$ | $\Delta$ perubahan<br>Rerata $\pm$ SB | %     |
|----------|--------------------------------------|--|----------|---------------------------------------|-------|
| K–       | 195,67 $\pm$ 5,68                    | 217,68 $\pm$ 5,67 <sup>a</sup>             | 0,000    | 22,01 $\pm$ 0,48 <sup>d</sup>         | 11,24 |
| K+       | 191,17 $\pm$ 3,31                    | 176,97 $\pm$ 3,27 <sup>b</sup>             | 0,000    | 14,20 $\pm$ 0,93 <sup>e</sup>         | 7,42  |
| P        | 189,67 $\pm$ 5,60                    | 207,83 $\pm$ 5,14 <sup>c</sup>             | 0,000    | 18,16 $\pm$ 0,65 <sup>f</sup>         | 9,57  |
| $p^*$    | 0,130                                | 0,000                                      |          | $p^{***}$ 0,001                       |       |

\*: Uji *One Way Anova* \*\*: Uji *Paired T-Test* \*\*\*: Uji *Kruskal Wallis* ; <sup>a,b,c</sup>: notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan Uji lanjut *Tukey*. ; <sup>d,e,f</sup>: berdasarkan Uji lanjut *Mann Whitney*

Tabel 5. Rerata Konsumsi Pakan, Kalori, Makronutrien, dan Serat Selama Pemberian Perlakuan

|                 | K-                            | K+                            | P                             | <i>p value</i> |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
|                 | Rerata $\pm$ SB               | Rerata $\pm$ SB               | Rerata $\pm$ SB               |                |
| Pakan (g)       | 16,98 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup> | 18,66 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup> | 17,08 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup> | 0,000*         |
| Kalori (kkal)   | 55,48 $\pm$ 0,92 <sup>a</sup> | 61,01 $\pm$ 0,45 <sup>b</sup> | 57,48 $\pm$ 0,81 <sup>c</sup> | 0,000*         |
| Karbohidrat (g) | 8,65 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>  | 9,51 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>  | 9,65 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>  | 0,000*         |
| Protein (g)     | 2,54 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>  | 2,79 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>  | 2,30 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>  | 0,000*         |
| Lemak (g)       | 1,18 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>  | 1,30 $\pm$ 0,01 <sup>e</sup>  | 1,07 $\pm$ 0,01 <sup>f</sup>  | 0,000**        |
| Serat (g)       | 1,01 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>  | 1,12 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>  | 1,14 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>  | 0,000*         |

\*: Uji *One Way Anova* \*\*: Uji *Kruskal Wallis* ; <sup>a,b,c,d</sup>: notasi yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan Uji lanjut *Tukey*. ; <sup>d,e,f</sup>: berdasarkan Uji lanjut *Mann Whitney*

### Konsumsi Pakan, Kalori, Makronutrien, dan Serat

Tabel 5 menunjukkan adanya perbedaan rerata konsumsi pakan antar kelompok yang signifikan berdasarkan uji *One Way Anova*. Uji lanjut *Tukey* menunjukkan adanya perbedaan rerata konsumsi pakan yang signifikan pada kelompok K+. Selain itu, terdapat perbedaan rerata asupan kalori, karbohidrat, protein, dan serat yang signifikan antar kelompok berdasarkan uji *Anova* ( $p= 0,000$ ). Uji lanjut *Tukey* menunjukkan adanya perbedaan rerata asupan karbohidrat pada kelompok K- dan ada perbedaan rerata asupan kalori, protein, dan lemak pada setiap kelompok. Uji *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata asupan lemak secara signifikan ( $p= 0,000$ ) dan uji lanjut *Mann Whitney* menunjukkan adanya perbedaan rerata asupan lemak pada setiap kelompok.

### Kondisi Subyek Pasca Induksi STZ-NA

Kadar GDP pada kelompok K-tergolong normal karena tidak dilakukan injeksi STZ-NA. Tikus pada kelompok K+ dan P diinduksi STZ-NA sehingga mengalami diabetes. Hal ini disebabkan oleh kemampuan STZ dalam merusak sel  $\beta$  pankreas melalui beberapa mekanisme yaitu alkilasi DNA, produksi *nitric oxide* (NO), dan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS).<sup>25,27,28</sup>. Alkalisasi DNA menyebabkan fragmentasi DNA di dalam sel  $\beta$  sehingga terjadi stimulasi poli-ADP-ribose polymerase-1 (PARP-1) yang berlebihan.<sup>25,28</sup> Kelebihan stimulasi mengakibatkan deplesi  $NAD^+$  seluler, penurunan ATP di dalam sel  $\beta$ , dan peningkatan enzim c-junN-terminal kinase (JNK).

Peningkatan aktivitas JNK dapat menyebabkan sel mati.<sup>27,28</sup> STZ meningkatkan level NO melalui induksi enzim NO sintase. NO berikatan dengan anion superoksida membentuk peroksinitrit yang menyebabkan kerusakan sel  $\beta$ .<sup>26,27</sup> Selain itu, NO juga berperan dalam penurunan konsumsi oksigen oleh mitokondria. ROS dalam jumlah kecil dihasilkan oleh STZ di dalam sel  $\beta$  pankreas dan pertahanan antioksidan didalamnya lemah sehingga terjadi kerusakan sel.<sup>27</sup> Induksi STZ dapat menyebabkan kerusakan sel total sehingga induksi

NA juga dilakukan untuk melindungi sel  $\beta$  pankreas secara parsial dari paparan STZ.<sup>28</sup> Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa induksi STZ dapat meningkatkan kadar glukosa darah tikus wistar hingga 386 mg/dL.<sup>29</sup>

### Kadar Glukosa Darah Puasa

Peningkatan GDP yang signifikan terjadi pada kelompok K- dan K+ sedangkan penurunan GDP yang signifikan terjadi pada kelompok P setelah pemberian perlakuan. Kelompok K- dan K+ merupakan kelompok yang diberi pakan standar. Perbedaan pada kedua kelompok tersebut yaitu tikus sehat terdapat pada kelompok K- dan tikus diabetes terdapat pada kelompok K+. Peningkatan kadar GDP yang signifikan pada kedua kelompok ini kemungkinan disebabkan oleh jenis pakan yang dikonsumsi yaitu pakan standar. Bahan baku pakan standar adalah jagung kuning yang memiliki indeks glikemik (IG) sebesar 59 yang termasuk dalam kategori IG sedang.<sup>30</sup>

Besarnya jumlah IG menunjukkan tinggi dan cepatnya fluktuasi kadar GDP setelah konsumsi pangan. Respon yang muncul pada kelompok K- akibat konsumsi pakan standar yaitu penyerapan glukosa yang berlangsung cepat sehingga kadar glukosa darah meningkat. Sel  $\beta$  pankreas mengimbangi respon ini dengan meningkatkan produksi insulin untuk menangkap glukosa dan memasukkannya ke dalam sel. Peningkatan produksi insulin secara terus menerus menyebabkan disfungsi sel  $\beta$  pankreas sehingga insulin menjadi defisit. Dampak yang timbul adalah peningkatan glukosa di dalam darah.<sup>31</sup> Pada kelompok K+ kenaikan glukosa darah akibat konsumsi pangan IG tinggi tidak dapat memasuki sel sehingga glukosa tetap berada di dalam darah dan berdampak pada kenaikan GDP.<sup>32</sup>

Kelompok P terdiri dari tikus diabetes yang diberi perlakuan berupa pemberian tepung sorgum. Penurunan kadar GDP pada kelompok ini disebabkan oleh asupan karbohidrat dan serat selama masa perlakuan. Rata-rata karbohidrat dan serat yang diasup oleh kelompok P berurut-urut sebanyak 9,56 g dan 1,14 g. Jumlah tersebut lebih banyak daripada karbohidrat dan serat yang diasup pada kelompok K- (8,65 g dan 1,01 g) dan K+ (9,51 g

dan 1,12 g). Dampak asupan karbohidrat terhadap regulasi glukosa darah biasanya dihubungkan dengan IG. Tepung sorgum memiliki IG sebesar 36<sup>14</sup> yang tergolong rendah. IG yang rendah menandakan kenaikan glukosa darah menjadi lambat karena pemecahan karbohidrat menjadi glukosa akan terjadi secara perlahan sehingga penyerapannya juga terjadi secara perlahan. Penyerapan glukosa secara perlahan menyebabkan sekresi insulin tidak berlebihan sehingga kebutuhan insulin menurun dan sensitivitas insulin meningkat.<sup>33,34</sup>

Tepung sorgum memiliki kandungan serat sebesar 8,83% yang terdiri dari serat larut air sebanyak 2,39% dan serat tak larut air sebanyak 6,44%.<sup>15</sup> Serat larut air dapat membentuk gel yang membawa glukosa melalui saluran pencernaan. Gel tersebut mengikat glukosa agar terlindungi dari enzim dan tidak menyentuh dinding usus secara langsung sehingga penyerapannya terhambat dan difusi glukosa menurun.<sup>35,36</sup> Hal tersebut menyebabkan penurunan kadar glukosa darah dan meningkatkan sensitivitas insulin.<sup>36,37</sup> Selain itu, serat larut air juga dapat meningkatkan ekspresi *glucose transporter-4* (GLUT-4) di dalam otot sehingga dapat meningkatkan pengambilan glukosa di dalam otot, meningkatkan sensitivitas insulin, dan menormalkan kadar glukosa darah.<sup>19</sup>

Serat tak larut berperan dalam percepatan sekresi *glucose-dependent insulinotropic polypeptide* (GIP), penurunan nafsu makan, dan pembentukan asam lemak rantai pendek melalui fermentasi sehingga dapat menurunkan glukosa darah.<sup>20</sup> Asam lemak rantai pendek berperan dalam peningkatan *glucagon-like peptide 1* (GLP-1) dan aktivasi *adenosine monophosphate activated protein kinase* (AMPK).<sup>38</sup> GIP dan GLP-1 adalah hormon incretin yang bertugas memberi sinyal kepada sel  $\beta$  pankreas untuk produksi insulin dan menurunkan produksi glukagon.<sup>39</sup> Aktivasi AMPK menstimulasi penangkapan glukosa, translokasi GLUT-4, sintesis glikogen, dan menghambat glukoneogenesis.<sup>40</sup>

Penurunan kadar GDP pada kelompok P ini sejalan dengan penelitian sebelumnya mengenai pemberian ekstrak sorgum yang menyebutkan bahwa pemberian ekstrak sorgum dapat menurunkan kadar glukosa darah dan memperbaiki sensitivitas insulin melalui peningkatan produksi *peroxisome proliferator-activated receptor gamma* (PPAR- $\gamma$ ).<sup>23</sup> Aktivasi PPAR- $\gamma$  memicu sekresi insulin, ekspresi gen sel  $\beta$ , dan ekspresi GLUT-2.<sup>41</sup> Selain itu, penelitian lain mengenai pemberian ekstrak fenolik sorgum juga menunjukkan penurunan serum glukosa darah dan peningkatan serum insulin setelah 14 hari pemberian intervensi.<sup>24</sup>

## Berat Badan

Kelompok K- dan P mengalami peningkatan BB yang signifikan sejak pasca induksi STZ-NA hingga waktu pemberian perlakuan selesai. Penyebab kenaikan BB pada kelompok K- yaitu asupan lemak (1,18 g) dan protein (2,54 g). Asupan tersebut lebih tinggi daripada asupan lemak dan protein pada kelompok P. Lemak dan protein berkontribusi dalam pembentukan energi dalam tubuh. Sebagian lemak dan protein yang tidak diubah menjadi energi akan disimpan di dalam jaringan adiposa sehingga dapat menyebabkan peningkatan berat badan.<sup>42</sup>

Penurunan BB yang signifikan terjadi pada kelompok K+ sejak pasca induksi STZ-NA hingga waktu pemberian perlakuan selesai sedangkan asupan pakan (18,66 g), kalori (61,01 kkal), lemak (1,30 g), dan protein (2,79 g) pada kelompok K+ lebih banyak daripada kelompok K- dan P. Hal ini terjadi karena tubuh tidak dapat mengambil glukosa yang ada di dalam darah saat mengalami diabetes sehingga terjadi defisiensi glukosa di dalam sel padahal glukosa dibutuhkan di dalam sel untuk pembentukan energi. Akibatnya tubuh merespon dengan cara meningkatkan nafsu makan (polifagia). Respon lain yang muncul akibat resistensi insulin yaitu peningkatan glikogenolisis dan glukoneogenesis.<sup>32</sup>

Glikogenolisis adalah proses pemecahan glikogen untuk pembentukan energi. Jika glikogenolisis berlangsung secara terus menerus maka akan terjadi penurunan massa otot. Glukoneogenesis adalah pembentukan glukosa dari senyawa non – karbohidrat yaitu protein dan lemak. Lemak akan digunakan terlebih dahulu daripada protein. Asam lemak dioksidasi di dalam hati menjadi asetil – KoA kemudian masuk ke dalam siklus krebs untuk pembentukan energi. Gliserol masuk ke dalam proses glikolisis. Asam amino akan ditransaminasi agar dapat membentuk glukosa.<sup>43</sup> Akan tetapi, glukosa yang dihasilkan pada proses glikogenolisis dan glukoneogenesis dibuang melalui urin karena resistensi insulin sehingga dalam jangka panjang dapat terjadi penurunan jaringan otot dan jaringan adiposa.<sup>32</sup>

Kelompok P yang terdiri dari tikus diabetes mengalami peningkatan BB secara signifikan karena kelompok P memiliki asupan kalori yang lebih besar daripada kelompok K- yaitu sebesar 57,58 kkal. Sebagian kalori yang tidak digunakan sebagai energi akan disimpan di dalam jaringan adiposa sehingga terjadi peningkatan BB.<sup>42</sup> Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian ekstrak sorgum berkorelasi dengan terhambatnya glukoneogenesis.<sup>22</sup> Terhambatnya glukoneogenesis menandakan simpanan lemak dan

protein tidak diubah menjadi karbohidrat sehingga tetap disimpan di dalam tubuh.

## SIMPULAN

Tepung sorgum dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa pada tikus diabetes secara signifikan.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan bentuk perlakuan berupa produk olahan tepung sorgum pada subyek manusia sebagai alternatif olahan tepung terigu dengan IG rendah dan tinggi serat untuk mengetahui adanya kesamaan dampak pemberian seperti dampak pemberian tepung sorgum. Selain itu, perlu dilakukan analisis kandungan zat gizi pada produk olahan tepung sorgum.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada petugas Lab PSPG UGM dan pihak – pihak lain yang terlibat dalam penelitian ini sehingga dapat terselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Slavin JL. Structure, Nomenclature, and Properties of Carbohydrate. In: Biochemical, Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition. Elsevier; 2013. p. 50–65.
- Leszek S. Glucose Homeostasis - Mechanism and Defects. In: Diabetes - Damages and Treatments [Internet]. IntechOpen; 2011. p. 227–32. Available from: <https://doi.org/10.5772/1823>.
- Roth SL. Diseases of the Endocrine System. In: Nutrition Therapy and Pathophysiology. 2nd ed. Wadsworth, Cengage Learning; 2011.
- Forouhi NG, Wareham NJ. Epidemiology of diabetes. *Medicine (Abingdon)*. 2014 Dec;42(12):698–702.
- Kaku K. Pathophysiology of Type 2 Diabetes and Its Treatment Policy. *JMAJ*. 2010;53(1):41–6.
- Rudijanto A, Yuwono A, Shahab Manaf A, Pramono B, Lindarto D, et al. Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe 2 di Indonesia. Pengurus Besar Perkumpulan Endokrinologi Indonesia; 2015.
- Indah IS. Konsumsi Makanan Penduduk Indonesia. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI; 2017.
- Kusumana A, Budiman A, Hidayat A. Development Production and Food Consumption in Indonesia. MPRA Paper [Internet]. 2017 [cited 2018 Aug 2];(79976). Available from: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/79976>
- Altuna P. World Sorghum Market. *Global Grain Asia*; 2014.
- Luna P, Widowati S. Potensi dan Status Pengembangan Sorgum di Propinsi Jawa Timur dalam Upaya Gerakan Diversifikasi Pangan Nasional. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. 2014.
- Dicko MH, Gruppen H, Voragen AGJ, van Berkel WJH. Sorghum Grain as Human Food in Africa: Relevance of Content of Starch and Amylase Activities. *Afr J Biotechnol*. 2006;5(5):384–95.
- Stefoska-Needham A, Beck EJ, Johnson SK, Tapsell LC. Sorghum: an Underutilized Cereal Whole Grain with the Potential to Assist in the Prevention of Chronic Disease. *Food Reviews International*. 2015;31(4):401–37.
- Muchtadi TR, Sugiyono S, Ayustaningwarno F. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Alfabeta; 2010.
- Pruett A. A Comparison of The Glycemic Index of Sorghum and Other Commonly Consumed Grains [Internet]. [Kansas]: Kansas State University; 2012 [cited 2018 Aug 21]. Available from: [http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/13810/As\\_hleyPruett2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/13810/As_hleyPruett2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salimi YK. Peranan Ekstrak dan Tepung Sorgum (Sorghum bicolor L.) dalam Penghambatan Kanker secara In Vitro dan In Vivo pada Mencit BALB/c [Internet]. [Bogor]: Institut Pertanian Bogor; 2012 [cited 2018 Jul 30]. Available from: <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/55429/1/2012yks.pdf>
- Harini S. Perbedaan Nilai Indeks Glikemik Beras Hitam (*Oryza Sativa L. Indica*), Beras Merah (*Oryza Nivara*), dan Beras Putih (*Oryza Sativa*). [Malang]: Universitas Brawijaya; 2013.
- Rolfes SR, Pinna K, Whitney E. Understanding Normal and Clinical Nutrition. 8th ed. Wadsworth, Cengage Learning; 2009.
- Ojo O, Ojo OO, Adebowale F, Wang XH. The Effect of Dietary Glycaemic Index on Glycaemia in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*. 2018;10(373).
- Chen C, Zeng Y, Xu J, Zheng H, Liu J, Fan R, et al. Therapeutic Effects of Soluble Dietary Fiber Consumption on Type 2 Diabetes Mellitus. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2016;12:1232–42.
- Lattimer JM, Haub MD. Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*. 2010;2:1266–89.
- Chandalia M, Garg A, Lutjohann D, von Bergmann K, Grundy SM, Brinkley LJ. Beneficial Effect of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *E Engl J Med*. 2000;342:1392–8.
- Kim J, Park Y. Anti-diabetic Effect of Sorghum

- Extract on Hepatic Gluconeogenesis of Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Nutr Metab (Lond)*. 2012;9:106.
23. Park JH, Lee SH, Chung I-M, Park Y. Sorghum Extract Exerts an Anti- iabetic Effect by Improving Insulin Sensitivity via PPAR- $\gamma$  in Mice Fed a High-fat Diet. *Nutr Res Pract*. 2012;6(4):322–7.
  24. Chung IM, Kim EH, Yeo MA, Kim SJ, Seo MC, Moon HI. Antidiabetic Effects of three Korean Sorghum Phenolic Extracts in Normal and Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Food Research International*. 2011;44:127–32.
  25. Ghasemi A, Khalifi S, Jedi S. Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Rat Model of Type 2 Diabetes. *Acta Physiologica Hungarica*. 2014;101(4):408–20.
  26. Wolfensohn S, LLoyd M. *Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare*. 4th ed. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2013.
  27. Kishore L, Kajal A, Kaur N. Role of Nicotinamide in Streptozotocin Induced Diabetes in Animal Models. *J Endocrinol Thyroid Res*. 2017;2(1).
  28. Szkudelski T. Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Diabetes in Rat. Characteristics of the Experimental Model. *Experimental Bioogy and Medicine*. 2012;237:481–90.
  29. Nagarchi K, Ahmed S, Sabus A, Saheb SH. Effect of Streptozotocin on Glucose Levels in Albino Wistar Rats. *J Pharm Sci & Res*. 2015;7(2):67–9.
  30. Aini N. *Teknologi Fermentasi pada Tepung Jagung*. Graha Ilmu; 2013.
  31. Henry CJK, Thondre PS. The Glycemix Index: Concept, Recent Developments, and Its Impact on Diabetes and Obesity. In: *Access not Excess: The Search for Better Nutrition*. Smith-Gordon; 2011. p. 154–75.
  32. Nelms M, Sucher KP, Roth SL. *Nutrition Therapy and Pathophysiology*. 2nd ed. Belmont, CA, USA: Wadsworth Cengage Learning; 2011.
  33. Russell WR, Baka A, Bjorck I, Delzenne N, Gao D, Griffiths HR, et al. Impact Diet Composition on Blood Glucose Regulation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016;56(4):541–90.
  34. Yasmina AR, Probsari E. Perbedaan Kadar Glukosa Darah Puasa Sebelum dan Setelah Pemberian Sari Bengkuang (*Pachyrrhizuserosus*) pada Wanita Prediabetes. *Journal of Nutrition College*. 2014;3(4):440–6.
  35. McRorie JW, Mc Keown NM. Understanding the Physics of Functional Fibers in Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2017;117(2).
  36. Abutair AS, Naser IA, Hamed AT. Soluble Fibers from Psyllium Improve Glycemic Response and Body Weight Among Diabetes Type 2 Patients (Randomized Control Trial). *Nutrition Journal*. 2016;15(86).
  37. Medhe SV, Medhe MV. Effect of Fiber Supplementation on Blood Glucose Level of NIDDM Subjects. *International Journal of Bioassays*. 2013;2(4):705–7.
  38. den Besten G, van Eunen K, Groen AK, Venema K, Reijngoud D-J, Bakker BM. The Role of Short-chain Fatty Acids in the Interplay between Diet, Gut Microbiota, and Host Energy Metabolism. *J Lipid Res*. 2013;54(9):2325–40.
  39. Yeo R, Sawdon M. Hormonal Control of Metabolism: Regulation of Plasma Glucose. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2013;14(7):296–300.
  40. Coughlan KA, Valentine RJ, Ruderman NB, Saha AK. AMPK activation: a Therapeutic Target for Type 2 Diabetes? *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*. 2014;7:241–53.
  41. Kim H-S, Hwang Y-C, Koo S-H, Park K-S, Lee M-S, Kim K-W, et al. PPAR-Gamma Activation Increases Insulin Secretion through the Up-regulation of the Free Fatty Acid Receptor GPR40 in Pancreatic Beta-Cells. *PLoS ONE*. 2013;8(1).
  42. Gropper SS, Smith JL, Groff JL. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 5th ed. Wadsworth Cengage Learning; 2009.
  43. Marks DB, Marks AD, Smith C. *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Jakarta: EGC; 2000.