



MIKOPROTEIN DAN DIABETES TIPE 2: TINJAUAN SISTEMATIS TERHADAP KONTROL GLIKEMIK

Faqih Jibran Syah Falaifi*, Ghaisani Shella Amanda, Saminur Fauzan, Fitriana Mustikaningrum
Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Jawa Tengah 57162, Indonesia
*j310210191@student.ums.ac.id

ABSTRAK

Prevalensi diabetes melitus diperkirakan mencapai 12,2% (783,2 juta orang) pada tahun 2045 dan diabetes melitus tipe 2 menyumbang 96% dari total penderita diabetes melitus di dunia. Asupan zat gizi dan diet perlu diperhatikan pada penderita diabetes tipe-2 agar glikemik tetap terkontrol. Mikoprotein menjadi salah satu sumber makanan tinggi serat dan tinggi protein yang memiliki pengaruh terhadap kontrol glikemik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikoprotein terhadap kontrol glikemik. Metode yang dilakukan menggunakan jenis penelitian tinjauan sistematis (systematic review) dari berbagai artikel penelitian dengan kriteria inklusi yang ditetapkan. Hasil menunjukkan bahwa kandungan mikoprotein dapat menurunkan kadar glukosa, kadar insulin, dan meningkatkan sensitivitas insulin. Walaupun, tidak menunjukkan nilai signifikan secara konsisten. Sementara itu, kandungan tinggi nukleotida pada mikoprotein justru berdampak baik pada kontrol glikemik meskipun terbukti meningkatkan kadar asam urat. Kesimpulan penelitian ini adalah mikoprotein memiliki peran dalam kontrol glikemik meskipun tidak menghasilkan perbedaan signifikan secara konsisten dengan sampel lain.

Kata kunci: kadar glukosa; kadar insulin; kontrol glikemik; mikoprotein; sensitivitas insulin

MYCOPROTEIN AND DIABETES TYPE 2: SYSTEMATIC REVIEW OF GLYCEMIC CONTROL

ABSTRACT

The prevalence of diabetes mellitus is expected to reach 12.2% (783.2 million people) by 2045 and type 2 diabetes mellitus accounts for 96% of the total diabetes mellitus patients in the world. Nutrient intake and diet need to be considered in type-2 diabetics to keep glycemic control. Mycoprotein is one of the high-fiber and high-protein food sources that have an influence on glycemic control. This study aims to determine the effect of mycoprotein on glycemic control. The method used was a systematic review of various research articles with established inclusion criteria. The results showed that mycoprotein content can reduce glucose levels, insulin levels, and improve insulin sensitivity. Although, it did not show a consistently significant value. Meanwhile, the high content of nucleotides in mycoprotein has a good impact on glycemic control even though it is proven to increase uric acid levels. The conclusion of this study is that mycoprotein has a role in glycemic control even though it does not produce significant differences consistently with other samples.

Keywords: glycemic control; glucose level; insulin level; insulin sensitivity; mycoprotein

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah diabetes melitus semakin menunjukkan angka yang mengkhawatirkan. Secara global, prevalensi diabetes mellitus terus meningkat setiap tahunnya dan diperkirakan mencapai 12,2% (783,2 juta orang) pada tahun 2045. Jumlah kasus diabetes melitus tipe 2 menyumbang 96% dari total penderita diabetes melitus di dunia. Hal ini menunjukkan penderita diabetes tipe 2 diperkirakan sebesar 508 juta dari 529 juta penderita diabetes pada tahun 2021 (*IDF Diabetes Atlas 10th Edition*, 2021). Pengendalian kadar glukosa darah agar tetap optimum

atau yang biasa disebut sebagai kontrol glikemik dapat dikendalikan dengan adanya hormon insulin yang diproduksi oleh sel beta dari organ pankreas dalam kadar normal (Antoni et al., 2022; Rahman et al., 2021)

Diabetes melitus merupakan kondisi gangguan metabolik yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa (hiperglikemia) sebagai akibat dari kurangnya sekresi insulin atau menurunnya sensitivitas insulin dalam tubuh (Motahari-Tabari et al., 2015). Berbeda dengan diabetes tipe 1 yang berkaitan dengan penyakit autoimun yang menyebabkan sel beta pankreas tidak dapat mensekresi insulin, pada penderita diabetes melitus tipe 2, tubuh masih dapat mensekresi insulin. Namun, insulin yang disekresi tidak dapat berfungsi dengan normal atau terjadi penurunan sensitivitas insulin sehingga mengakibatkan resistensi insulin. Kadar insulin normal dalam tubuh berada dalam rentang 5 – 15 $\mu\text{U/mL}$, tetapi kadar insulin lebih efektif dalam mengontrol glukosa darah jika lebih rendah dari 12 $\mu\text{U/mL}$ (Carmina et al., 2014)

Pola hidup yang tidak sehat termasuk pola makan yang tidak sehat juga dapat berkontribusi terhadap keparahan diabetes tipe 2 (Petroni et al., 2021). Oleh karena itu, dalam proses terapi yang dilakukan pada penderita diabetes tipe 2, asupan zat gizi dan kandungan yang terdapat pada makanan yang tepat perlu menjadi fokus utama yang harus diperhatikan. Salah satu diet yang direkomendasikan untuk penderita diabetes tipe 2 adalah diet yang mengarah pada efektifitas insulin, penurunan kadar glukosa, peningkatan sensitivitas insulin, dan penurunan kadar lemak (Van Der Horst et al., 2019).

Mikoprotein sering dijadikan sebagai alternatif pengganti daging bagi para vegan yang ingin menjaga dosis konsumsi daging pada dietnya (Saeedi et al., 2019). Kandungan serat dan asam amino esensial pada mikoprotein diklaim dapat mendukung proses metabolisme dalam tubuh (Finnigan et al., 2019). Namun, mikoprotein memiliki kandungan nukleotida yang berdampak pada peningkatan kadar asam urat yang berkaitan dengan peningkatan kadar glukosa darah (M. O. C. Coelho et al., 2020; Irene Putri et al., 2021). Oleh karena itu, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kandungan serat dan asam amino esensial dari mikoprotein dapat memberikan dampak positif terhadap kontrol glikemik atau justru kandungan nukleotida dari mikoprotein dapat meningkatkan kadar glukosa darah.

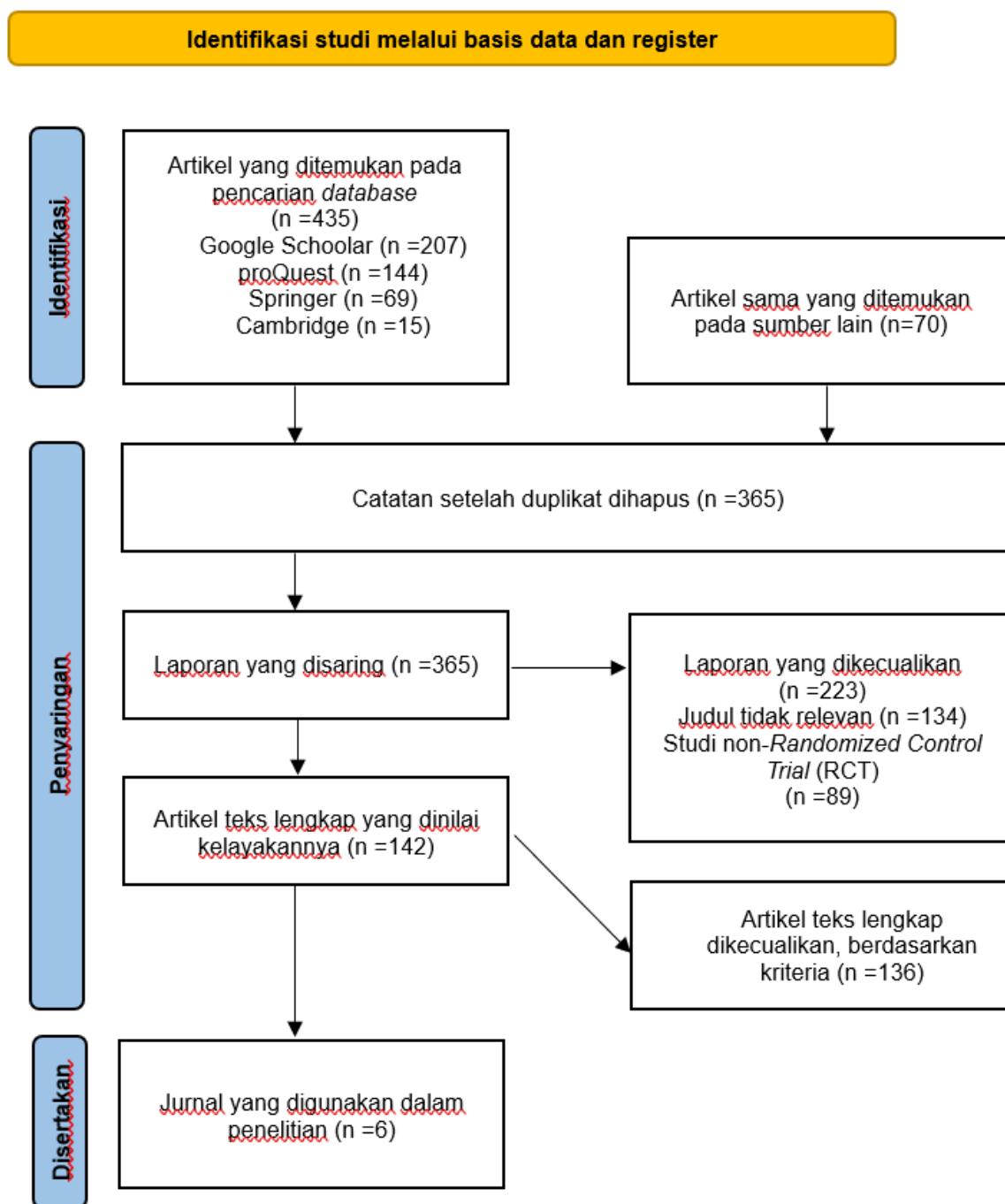
METODE

Jenis penelitian, yaitu sistematik review. Proses pencarian artikel menggunakan kata kunci “mikoprotein”, “kontrol glikemik”, “kadar glukosa”, “kadar insulin”, dan “sensitivitas insulin” selama bulan Oktober – November 2023. Penulis menggunakan empat *database* artikel untuk proses pencarian artikel, yaitu google scholar, ProQuest, springer, dan Cambridge. Artikel yang dipilih adalah artikel yang masuk ke dalam kriteria inklusi, yaitu artikel yang berada dalam rentang 10 tahun terakhir (2013 – 2023), dibatasi pada jenis penelitian eksperimental, yaitu *Randomised controlled clinical trials* (RCTs), melibatkan sampel terhadap partisipan manusia (usia ≥ 20 tahun), dan artikel penelitian yang membahas mengenai efek asupan mikoprotein terhadap kontrol glikemik, kadar glukosa, kadar insulin, dan sensitivitas insulin.

HASIL

Proses pencarian artikel menghasilkan total artikel yang ditemukan sebanyak 435 artikel dari empat *database* yang terdiri dari 207 artikel dari google scholar, 144 artikel dari proQuest, 69 artikel dari Springer, dan 15 artikel dari Cambridge. Setelah dilakukan proses eliminasi, ditemukan 70 artikel yang sama berdasarkan keempat *database* tersebut sehingga tersisa 365 artikel dari 435 artikel yang ditemukan. Dari 365 artikel tersebut, terdapat 134 artikel yang tidak relevan, serta 89 artikel yang relevan, tetapi tidak memenuhi kriteria inklusi (bukan merupakan jenis penelitian *Randomised Control Trials* (RCTs) sehingga tersisa 142 artikel yang dibaca dan didapatkan 6 artikel yang termasuk dalam

kriteria inklusi penelitian. (Gambar 1). Hasil keenam artikel penelitian yang termasuk kriteria inklusi yang dilaporkan berupa data nilai rata-rata ($\text{mean} \pm \text{SD}$) ataupun nilai hasil signifikansi dari kadar glukosa, kadar insulin, dan sensitivitas insulin. Data ekstrak yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tinjauan Sistematis

Tabel 1.
Pengaruh Asupan Mikoprotein terhadap Kadar Glukosa, Kadar Insulin, dan Sensitivitas Insulin pada Penderita Diabetes Tipe 2

Penulis	Tujuan	Metode	Subjek	Hasil	Kesimpulan
(Murillo et al., 2023)	Mengetahui efek mikoprotein dan guar gum pada kontrol glikemik orang dengan diabetes tipe 2	<i>Randomised control, double blinded, crossover trial</i>	21 peserta dengan TD2 (11 orang Eropa berkulit putih dan 10 orang Asia Selatan)	Kadar glukosa iAUC (mmol/L per menit) Selisih rata-rata MP & daging ayam: -130 Selisih rata-rata kedelai & daging ayam: -160 Selisih rata-rata MP dan kedelai: -30 Penambahan Guar Gum memiliki efek signifikan terhadap penurunan kadar glukosa (-183 mmol/L per menit)	Responden dengan konsumsi mikoprotein memiliki kadar glukosa lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan ayam ($p<0,01$), tetapi setara dengan kedelai dengan guar gum ($p=1.0$). Sementara itu, penambahan guar gum dapat menurunkan kadar glukosa secara signifikan ($p<0,001$).
(M. O. C. Coelho et al., 2021)	Mengetahui pengaruh konsumsi mikoprotein terhadap sensitivitas insulin, kontrol glikemik, dan lipoprotein plasma	<i>Randomised Control trial</i>	20 responden (usia 24 tahun, BMI: 23 kg/m ²)	Glukosa postprandial (mmol/l) Mikoprotein : $6,0 \pm 0,3$; $5,9 \pm 0,2$; $5,6 \pm 0,2$; $5,9 \pm 0,2$; $6,1 \pm 0,2$ Control : $6,3 \pm 0,2$; $6,1 \pm 0,4$; $5,5 \pm 0,2$; $5,3 \pm 0,2$; $5,5 \pm 0,2$ Kadar insulin (mU/l) Kontrol : awal: 14,8; akhir: 14,2 Mikoprotein : awal: 12,3; akhir: 12,7	Tidak ada efek signifikan pemberian mikoprotein terhadap kadar glukosa dan insulin serum ($P > 0,05$)
(M. O. C. Coelho et al., 2020)	Mengetahui efek makanan tinggi nukleotida pada sirkulasi asam urat, glukosa, dan insulin postprandial	<i>Randomised control, double blinded, crossover trial</i>	10 responden sehat (umur 25 ± 1 tahun, BMI $24,4 \pm 10$ kg/m ²)	Pengukuran pada waktu puncak (30 menit) Kadar Glukosa (mmol/l) L-NU : $6,2 \pm 0,2$; H-NU : $6,1 \pm 0,2$ Insulin (mu/l) L-NU : 67 ± 10 ; H-NU : 63 ± 8 Sensivitas Insulin (mg.l ² /mmol.mU.min) L-NU : 61 ± 3 ; H-NU: 64 ± 3	Konsumsi mikoprotein dengan kandungan nukleotida tinggi atau rendah tidak memberikan perbedaan signifikan dan memiliki kadar glukosa, kadar insulin, dan sensitivitas insulin ($P > 0.05$) meskipun secara signifikan mikoprotein

Penulis	Tujuan	Metode	Subjek	Hasil	Kesimpulan
					dengan tinggi nukleotida memiliki kadar asam urat lebih tinggi dibandingkan mukoprotein rendah nukleotida ($P < 0.05$)
(M. Coelho et al., 2018)	Mengetahui dampak substitusi daging dengan mikoprotein mengandung nukleotida terhadap sensitivitas insulin, kontrol glikemik, dan konsentrasi asam urat	<i>Randomised, Parallel group trial</i>	20 responden sehat (umur 24 ± 4 tahun dan BMI : 24 ± 3 kg/m ²)	Pemeriksaan OGTT (mg.l ² /mmol.mU.min) CON : awal: 51 ± 11 ; akhir: 51 ± 9 LN-MYC : awal: 54 ± 10 ; akhir: 55 ± 9 HN-MYC : awal: 58 ± 10 ; akhir: 54 ± 1	Tidak ada perbedaan signifikan ($P > 0.05$) sensitivitas insulin dari mikoprotein tinggi atau rendah nukleotida
(Dunlop et al., 2017)	Mengetahui dampak dari konsumsi mikoprotein dengan dosis tertentu pada hiperaminoasidemia postprandial akut dan hiperinsulinemia	<i>Randomised Control trials</i>	12 responden sehat dengan (umur 28 dan BMI 26 kg/m ²)	Glukosa sebelum dan sesudah intervensi (mmol/l) MLK 20 : awal: 5.5 ± 0.1 ; akhir: 5.2 ± 0.1 MYC 20 : awal: 5.4 ± 0.2 ; akhir: 5.4 ± 0.1 MYC 40 : awal: 5.5 ± 0.1 ; akhir: 5.3 ± 0.1 MYC 60 : awal: 5.4 ± 0.1 ; akhir: 5.3 ± 0.1 MYC 80 : awal: 5.4 ± 0.1 ; akhir: 5.4 ± 0.1 Insulin sebelum dan sesudah intervensi (mU/l) MLK 20 : 10.4 ± 1.9 MYC 20 : 8.7 ± 1.2 MYC 40 : 8.9 ± 1.6 MYC 60 : 8.9 ± 1.5 MYC 80 : 9.0 ± 1.4	Kadar glukosa responden dari konsumsi susu (20 gram) menunjukkan penurunan dibandingkan dengan konsumsi mikoprotein (20 gram, 40 gram, 60 gram, 80 gram). Sementara itu, pada kadar insulin, susu memiliki kadar glukosa yang lebih tinggi, tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0.05$).
(Bottin et al., 2016)	Mengetahui efek mikoprotein pada asupan energi, regulasi nafsu makan, dan fenotipe metabolik pada subjek dengan kelebihan berat badan atau obesitas.	<i>Randomised Control trial</i>	36 Responden (usia 33 tahun dengan rata-rata BMI 28 kg/m ²)	Kadar glukosa IAUC (mmol/min per liter) <i>Low protein</i> (daging ayam: 1019 ± 13 ; mikoprotein: 1006 ± 14) <i>Medium Protein</i> (daging ayam: 983 ± 13 ; mikoprotein: 992 ± 9) <i>High protein</i> (daging ayam: 1013 ± 17 ; Mikoprotein: 976 ± 14) Kadar insulin (μ U/min per liter) <i>Low protein</i> (44 gram)	Responden dengan konsumsi mikoprotein memiliki kadar glukosa yang lebih rendah, tetapi tidak signifikan pada setiap kadar protein dan setiap waktu pemeriksaan. Sementara itu, pemeriksaan

Penulis	Tujuan	Metode	Subjek	Hasil	Kesimpulan
				(daging ayam : 10364; mikoprotein: 9481), <i>Medium Protein</i> (88 gram) (daging ayam: 9650; mikoprotein: 8510) <i>High protein</i> (132 gram) (daging ayam: 11178; mikoprotein: 8884) Sensivitas Insulin (mg.l ² /mmol.mU.min) Daging ayam : 78 Mikoprotein : 84	kadar insulin menghasilkan nilai yang signifikan pada sampel dengan kadar protein tinggi ($P<0,001$), protein sedang ($P= 0\cdot001$), dan protein rendah ($P< 0\cdot001$). Selain itu, rata-rata sensitivitas insulin lebih tinggi dibandingkan dengan konsumsi daging secara signifikan ($P=0\cdot026$).

PEMBAHASAN

Dari keenam artikel inklusi, terdapat 4 artikel yang menggunakan sampel daging sapi/ikan/ayam/kedelai sebagai kelompok kontrol dan mikoprotein sebagai kelompok perlakuan. Kemudian, 1 dari 4 artikel tersebut menggunakan sampel yang dicampur dengan bahan pangan lain, yaitu Guar Gum (GG) pada setiap sampelnya. Kemudian, terdapat 2 artikel menggunakan mikoprotein sebagai sampel tunggal penelitian, yaitu dengan membandingkan pengaruh kadar nukleotida tinggi dan rendah terhadap kontrol glikemik. Adapun responden pada masing masing penelitian memiliki status yang berbeda yaitu 1 penelitian menggunakan responden dengan riwayat diabetes tipe 2, 2 penelitian menggunakan kelompok responden yang berisiko terhadap diabetes tipe dua, yaitu dengan status BMI diatas dari nilai normal, sedangkan 3 penelitian lain merupakan responden dengan status sehat dan tidak berisiko.

Berdasarkan 6 artikel yang menjadi inklusi tinjauan sistematis ini, terdapat 12 pengukuran yang berkaitan dengan kontrol glikemik, yaitu terdapat 5 artikel menunjukkan pengukuran kadar glukosa, 4 artikel menunjukkan pengukuran kadar insulin dan 3 artikel menunjukkan pengukuran sensitivitas insulin. Dari total pengukuran yang dilakukan, terdapat 4 pengukuran kadar glukosa yang tidak signifikan, 3 pengukuran kadar insulin tidak signifikan, 2 pengukuran sensitivitas insulin tidak signifikan, dan 1 pengukuran signifikan pada masing masing komponen.

Kadar Glukosa

Terdapat 4 penelitian yang menyatakan tidak adanya perbedaan signifikan antara konsumsi mikoprotein dan kelompok kontrol. Pada penelitian (Dunlop et al., 2017), kadar glukosa mengalami penurunan tertinggi pada konsumsi 40 gram sampel mikoprotein dengan nilai penurunan -0,2 mmol/l. Angka tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan dengan kelompok kontrol dengan kandungan nutrisi yang setara, yaitu sampel 20 gram susu dengan nilai penurunan -0,3 mmol/l. Namun, angka tersebut tidak menunjukkan nilai yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan leusin plasma pada protein susu yang lebih cepat (30 menit) dibandingkan dengan mikoprotein (90 menit) meskipun mikoprotein memiliki kandungan leusin yang lebih tinggi yaitu 0,86 g, sedangkan protein susu hanya 0,33 g (Maurya & Kushwaha, 2019). Namun Pada pengukuran kadar glukosa menit ke 180 memiliki nilai 6,1

mmol/l pada mikoprotein dan 5.5 mmol/l pada susu (Dunlop et al., 2017). Kandungan asam amino esensial dari mikoprotein berasal dari hasil fermentasi jamur yang merupakan protein nabati sedangkan susu merupakan protein hewani yang lebih mudah untuk diabsorpsi oleh sistem pencernaan.

Pada penelitian (Bottin et al., 2016), responden dengan konsumsi mikoprotein memiliki kadar glukosa yang lebih rendah pada sampel mikoprotein 44 gram dengan selisih -13 mmol/min per liter dan 88 gram dengan selisih -37 mmol/min per liter. Sementara itu, pada sampel 132 gram kadar glukosa mikoprotein justru lebih tinggi (+11 mmol/min per liter) dibandingkan dengan sampel kontrol. Penurunan kadar glukosa tersebut dikarenakan konsumsi mikoprotein dapat memberikan sekresi asam alfa-glukosidase (GAA) yang lebih besar dibandingkan dengan konsumsi ayam sehingga terjadi peningkatan proses perombakan glikogen menjadi glukosa yang langsung dikonversikan menjadi energi. Kemudian, peningkatan kadar glukosa pada konsumsi 132 gram berkaitan dengan porsi konsumsi yang berlebihan sehingga mendorong peningkatan asam urat yang menghambat stimulasi glukosa untuk sekresi insulin yang dapat menjadi biomarker terjadinya gula darah puasa terganggu (GDPT), tetapi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna membuktikan hal tersebut.

Kemudian, pada penelitian (M. O. C. Coelho et al., 2021) menyatakan bahwa tidak adanya konsistensi tinggi atau rendahnya kadar glukosa pada masing masing kelompok. Hal ini karena pada pengukuran tersebut responden sudah memiliki kebiasaan makan tinggi protein (1,5 g/kg BB per hari), sedangkan selama penelitian responden mengalami penurunan konsumsi protein sebesar 20% yang menjadi bias dalam penentuan hasil penelitian. Sementara itu, pada penelitian (M. O. C. Coelho et al., 2020) menyatakan bahwa mikoprotein dengan kadar nukleotida tinggi memiliki kadar glukosa yang lebih rendah (-0,1 mmol/l) dibandingkan dengan mikoprotein dengan nukleotida rendah. Namun, tidak mencapai nilai signifikan. Pada penelitian tersebut, konsumsi mikoprotein sebesar 100 gram, sedangkan pada penelitian (Dunlop et al., 2017) menyatakan bahwa efektifitas mikoprotein terhadap kontrol glikemik pada berat ≤ 60 gram.

Hasil berbeda didapatkan pada penelitian terbaru yang dilakukan oleh (Murillo et al., 2023) menyatakan bahwa responden yang mengonsumsi mikoprotein memiliki kadar glukosa yang lebih rendah 28% (-130 mmol/l per menit) dibandingkan dengan konsumsi daging dengan nilai signifikan $p < 0,001$. Hal tersebut karena mikoprotein dicampur dengan Guar Gum (GG). Suplementasi guar gum memang terbukti memiliki efek positif sebagai kontrol glikemik pada penderita diabetes tipe-2 (Javad Alaeian et al., 2023). Kandungan leusin dan serat dalam mikoprotein memiliki peran dalam proses penurunan kadar glukosa namun diperlukan pola konsumsi yang tepat guna memberikan efektifitas yang optimal. Porsi konsumsi mikoprotein tidak dianjurkan melebihi 60 gram dalam satu kali konsumsi, hal tersebut berkaitan dengan kadar nukleotida yang dihasilkan. Selain itu, bioavailabilitas serat dan leusin dari protein nabati yang direpresentasikan oleh mikoprotein membutuhkan durasi yang lebih lama sehingga konsumsi mikoprotein dianjurkan sebagai upaya preventif dan pengobatan awal diabetes tipe 2.

Kadar Insulin

Pada penelitian (M. O. C. Coelho et al., 2021) konsumsi mikoprotein menunjukkan nilai perbedaan yang tidak signifikan, yaitu dengan hasil akhir kadar insulin sebesar 12,7 mU/l pada kelompok mikoprotein dan pada kelompok kontrol sebesar 14,2 mU/l. Kemudian pada penelitian (Dunlop et al., 2017) kadar insulin responden dengan konsumsi mikoprotein lebih rendah dari kelompok kontrol dengan nilai selisih tertinggi (-1,7 mU/l) pada sampel 20 gram. Hasil tersebut diperkuat dengan penelitian (Bottin et al., 2016) yang menyatakan bahwa kadar

insulin responden dengan konsumsi mikoprotein secara signifikan lebih rendah dari kelompok kontrol yaitu -9% pada konsumsi protein rendah (44 gram), -12% pada konsumsi protein sedang (88 gram), dan 21% pada konsumsi protein tinggi (132 gram).

Sementara pada penelitian (M. O. C. Coelho et al., 2020), kadar insulin cenderung lebih rendah pada konsumsi mikoprotein dengan kandungan tinggi nukleotida, tetapi tidak menunjukkan angka yang signifikan. Dari keempat penelitian tersebut tidak ditemukan penyebab yang pasti terhadap penurunan kadar insulin. Namun, keempat penelitian diatas membuktikan bahwa mikoprotein mendorong kadar insulin pada responden berada pada rentang efektif normal, yaitu $\leq 12 \mu\text{U/mL}$ (Carmina et al., 2014). Hal tersebut didukung dengan penelitian lain, yaitu kandungan serat pada mikoprotein menghasilkan SCFA yang dapat merangsang hormon GLP-1 yang dapat meningkatkan sekresi insulin, tetapi bergantung pada kadar glukosa darah (Meloni et al., 2013). SCFA dalam usus mengaktifkan reseptor G-protein-coupled (GPR), seperti GPR41 (reseptor asam lemak bebas 3; FFAR3) dan GPR43 (reseptor asam lemak bebas 2; FFAR2). Reseptor-reseptor ini terdapat dalam sel L enteroendokrin ileum dan usus besar, adiposit, dan sel kekebalan tubuh. Baik GPR41 dan GPR43 pada sel L epitel usus memicu sekresi hormon usus (GLP-1 dan PYY). Leptin juga dilepaskan dari adiposit ketika SCFA berikatan dengan GPR41. Selain itu, PYY, GLP1, dan leptin dapat menurunkan nafsu makan. GLP-1 meningkatkan sekresi insulin dari sel β pankreas dan mengurangi sekresi glukagon dari pulau pankreas, yang mengarah pada produksi glukosa yang lebih rendah dari hati dan peningkatan penyerapan glukosa perifer (Faridahanum et al., 2021)

Sensitivitas Insulin

Terdapat 3 pengukuran sensitivitas insulin dari 6 artikel inklusi, 2 pengukuran menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara konsumsi mikoprotein tinggi atau rendah nukleotida (M. O. C. Coelho et al., 2020, 2021). Namun, apabila dibandingkan dengan konsumsi sampel lain seperti daging ayam, mikoprotein meningkatkan sensitivitas insulin secara signifikan ($p = 0,026$) (Bottin et al., 2016). Hasil tersebut berkaitan dengan tingginya serat pada mikoprotein yang nantinya akan difermentasi di usus besar membentuk *Short-Chain Fatty Acid* (SCFA) sehingga mendorong sekresi hormon *Glucagon Like Peptide-1* (GLP-1), dan *Peptide YY* (PYY) yang akan meningkatkan sensitivitas insulin (Soviana & Maenasari, 2019). Hasil tersebut diperkuat dengan penelitian cross-sectional yang melibatkan 6374 subjek berusia 20-84 tahun, menemukan bahwa ada hubungan yang signifikan antara HOMA IR dan asupan serat pada kelompok tersebut dengan nilai korelasi negatif yang menyatakan bahwa orang dewasa dengan konsumsi serat yang tinggi memiliki tingkat resistensi insulin (HOMA IR) yang lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan rekan-rekan mereka (Tucker, 2018). Berdasarkan tinjauan diatas, konsumsi mikoprotein memiliki kecenderungan dalam penurunan kadar glukosa dan insulin, serta terbukti meningkatkan sensitivitas insulin jika dibandingkan dengan konsumsi daging ayam. Kandungan nukleotida dalam mikoprotein juga tidak terbukti berpengaruh pada peningkatan kadar gula darah, justru tingginya kadar nukleotida berpengaruh baik pada kadar insulin tetapi perlu diperhatikan porsi konsumsi guna menghindari hiperurisemia. Berdasarkan keenam artikel inklusi hanya satu penelitian yang menyatakan bahwa mikoprotein memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kadar glukosa darah sedangkan pada 5 artikel lain menyatakan pengaruh positif tetapi tidak mencapai nilai signifikan.

Asuhan konsumsi mikoprotein

Pada penelitian meta-analisis terhadap 22 penelitian pengaruh konsumsi serat terhadap kadar glukosa ditemukan bahwa dosis rata-rata konsumsi 10 g/hari menghasilkan penurunan yang signifikan (WMD -0.80 mmol/L [95% CI $-1,14, -0,46$], $p = 0,000$) pada glukosa darah puasa dibandingkan dengan kelompok kontrol dengan heterogenitas antar penelitian yang signifikan

secara statistik ($I^2 = 81,6\%$, $p = 0,000$). Durasi rata rata dari setiap penelitian yaitu 8 minggu dengan rincian peserta yang mengikuti intervensi lebih dari 8 minggu (WMD $-1,17$ mmol/L [95% CI $-1,97, -0,37$], $p = 0,000$) mengalami penurunan glukosa darah puasa titik akhir yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang mengambil intervensi kurang dari 8 minggu. (WMD -0.70 mmol/L [95% CI $-1.14, -0.25$], $p = 0.000$) (Mao et al., 2021).

Mikoprotein juga memiliki kandungan asam amino essensial yaitu leusin yang berperan pada regulasi kadar glukosa darah. Asam amino menurunkan kadar glukosa serum post prandial tanpa memengaruhi kadar insulin plasma. Leusin dapat meningkatkan sekresi insulin dan memperbaiki kontrol glikemik pada penderita dengan kadar glukosa darah tidak terkontrol. Pada penelitian lain dibuktikan bahwa tingkat leusin makanan yang optimal dapat meningkatkan kemampuan glikometabolisme, termasuk meningkatkan transporter glukosa 2 (GLUT2) pada uji terhadap ikan remaja (Liang et al., 2019). Pada penelitian eksperimental terhadap tikus yang mengalami obesitas, suplementasi leusin kronis mengubah ekspresi substrat reseptor insulin hepatik (IRS) dan protein kinase B (Akt) di hati, yang merupakan dua gen kunci yang bertanggung jawab atas sensitivitas insulin (Komar et al., 2015). Mikoprotein merupakan produk pangan yang tinggi serat dan protein, pada setiap 100 gram mikoprotein mengandung 6 gram serat atau setara dengan setengah mangkuk konsumsi sayuran dan memiliki protein 9,4 gram dengan kadar leusin sebanyak 0,95 (Maurya & Kushwaha, 2019). Dengan kandungan tersebut maka optimalisasi konsumsi mikoprotein harian yaitu 166 gram dengan frekuensi konsumsi 3-4 kali (<60 gram/porsi) perhari pada selang waktu lebih dari 180 menit.

Keterbatasan penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan seperti minimnya artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Dari keenam artikel yang didapatkan, beberapa diantaranya tidak dijelaskan hubungan kausalitas antara mikoprotein terhadap kontrol glikemik pada responden. Selain itu, bias dari masing masing penelitian berbeda seperti pencampuran mikoprotein dengan Guar Gum, dan responden dengan latar belakang berbeda. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mikoprotein dan kontrol glikemik, terutama dalam hal pengaruh konsumsi mikoprotein terhadap kadar insulin serta pengaruh asam nukleat terhadap kadar glukosa

SIMPULAN

Mikoprotein merupakan produk hasil fermentasi jamur yang mengandung tinggi protein dan serat. Protein yang terdiri dari asam amino seperti leusin berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah. Serat pada mikoprotein menghasilkan SCFA terbukti menginduksi hormon GLP-1 yang mampu meningkatkan sekresi insulin dan meningkatkan sensitivitas insulin. Dari kandungan tersebut, mikoprotein memiliki kecenderungan meningkatkan kontrol glikemik, tetapi tidak menunjukkan nilai yang signifikan secara konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, A., Fitri Napitupulu, N., Nasution, R. A., Siregar, H. R., Hadi, A. J., Ahmad, H., Keperawatan, D., Kesehatan, F., Royhan, U. A., Masyarakat, D. K., & Penulis, K. (2022). *The Indonesian Journal of Health Promotion*. 5(1). <https://doi.org/10.31934/mppki.v2i3>
- Bottin, J. H., Swann, J. R., Cropp, E., Chambers, E. S., Ford, H. E., Ghatei, M. A., & Frost, G. S. (2016). Mycoprotein reduces energy intake and postprandial insulin release without altering glucagon-like peptide-1 and peptide tyrosine-tyrosine concentrations in healthy overweight and obese adults: A randomised-controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 116(2), 360–374. <https://doi.org/10.1017/S0007114516001872>

- Carmina, E., Stanczyk, F. Z., & Lobo, R. A. (2014). Laboratory Assessment. In *Yen & Jaffe's Reproductive Endocrinology* (pp. 822-850.e3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-2758-2.00034-2>
- Coelho, M., Monteyne, A. J., Dirks, M. L., Finnigan, T. J. A., Stephens, F. B., & Wall, B. T. (2018). Substituting meat/fish for mycoprotein for one week does not affect indices of metabolic health irrespective of dietary nucleotide load or serum uric acid concentrations in healthy young adults. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77(OCE4). <https://doi.org/10.1017/s0029665118002136>
- Coelho, M. O. C., Monteyne, A. J., Dirks, M. L., Finnigan, T. J. A., Stephens, F. B., & Wall, B. T. (2021). Daily mycoprotein consumption for 1 week does not affect insulin sensitivity or glycaemic control but modulates the plasma lipidome in healthy adults: A randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 125(2), 147–160. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002524>
- Coelho, M. O. C., Monteyne, A. J., Kamalanathan, I. D., Najdanovic-Visak, V., Finnigan, T. J. A., Stephens, F. B., & Wall, B. T. (2020). Short-communication: Ingestion of a nucleotide-rich mixed meal increases serum uric acid concentrations but does not affect postprandial blood glucose or serum insulin responses in young adults. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12041115>
- Dunlop, M. V., Kilroe, S. P., Bowtell, J. L., Finnigan, T. J. A., Salmon, D. L., & Wall, B. T. (2017). Mycoprotein represents a bioavailable and insulinotropic non-animal-derived dietary protein source: A dose-response study. *British Journal of Nutrition*, 118(9), 673–685. <https://doi.org/10.1017/S0007114517002409>
- Faridahanum, S. D., Nurwidya, F., & Wulandari, Y. (2021). The effect of dietary fiber on insulin resistance in obesity: A literature review. *World Nutrition Journal*, 4(2), 65–72. <https://doi.org/10.25220/wnj.v04.i2.0009>
- Finnigan, T. J. A., Wall, B. T., Wilde, P. J., Stephens, F. B., Taylor, S. L., & Freedman, M. R. (2019). Mycoprotein: The Future of Nutritious Nonmeat Protein, a Symposium Review. *Current Developments in Nutrition*, 3(6). <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz021>
- IDF Diabetes Atlas 10th edition. (2021). www.diabetesatlas.org
- Irene Putri, S., Sani Fajriah, A., Saultoni Akbar, P., Widiyanto, A., & Triatmojo, J. (2021). Relationship Between Uric Acid Levels and Blood Sugar Levels in. *Jurnal Informasi Kesehatan Indonesia*, 7(1), 84–90.
- Javad Alaeian, M., Pourreza, S., Yousefi, M., Golalipour, E., Setayesh, L., Zeinali Khosroshahi, M., Bagheri, R., Ashtary-Larky, D., Wong, A., Zamani, M., & Asbaghi, O. (2023). The effects of guar gum supplementation on glycemic control, body mass and blood pressure in adults: A GRADE-assessed systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 199, 110604. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110604>
- Komar, B., Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2015). Effects of leucine-rich protein supplements on anthropometric parameter and muscle strength in the elderly: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 19(4), 437–446. <https://doi.org/10.1007/s12603-014-0559-4>

- Liang, H., Mokrani, A., Chisomo-Kasiya, H., Ji, K., Ge, X., Ren, M., Liu, B., Xi, B., & Sun, A. (2019). Dietary leucine affects glucose metabolism and lipogenesis involved in TOR/PI3K/Akt signaling pathway for juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(2), 719–732. <https://doi.org/10.1007/s10695-018-0594-x>
- Mao, T., Huang, F., Zhu, X., Wei, D., & Chen, L. (2021). Effects of dietary fiber on glycemic control and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods*, 82, 104500. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104500>
- Maurya, N. K., & Kushwaha, R. (2019). Novel Protein Foods: Alternative Sources of Protein for Human Consumption. In *Research Trends in Food Technology and Nutrition* (1st ed., Vol. 4, pp. 129–142). Akinik Pulpation.
- Meloni, A. R., Deyoung, M. B., Lowe, C., & Parkes, D. G. (2013). GLP-1 receptor activated insulin secretion from pancreatic β -cells: Mechanism and glucose dependence. In *Diabetes, Obesity and Metabolism* (Vol. 15, Issue 1, pp. 15–27). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2012.01663.x>
- Motahari-Tabari, N., Ahmad Shirvani, M., Shirzad-E-Ahoodashty, M., Yousefi-Abdolmaleki, E., & Teimourzadeh, M. (2015). The effect of 8 weeks aerobic exercise on insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *Global Journal of Health Science*, 7(1), 115–121. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v7n1p115>
- Murillo, A. C., Zhou, K., Tashkova, M., Frampton, J., Cepas De Oliveira, A. C., Ho, C., Franco, G., Chambers, B. E., Dornhorst, A., & Frost, G. (2023). *Investigating the Effects of Mycoprotein and Guar Gum on Glycemic Control in people with Type 2 Diabetes: A Double-Blind Randomized Controlled Trial*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2943966/v1>
- Petroni, M. L., Brodosi, L., Marchignoli, F., Sasdelli, A. S., Caraceni, P., Marchesini, G., & Ravaoli, F. (2021). Nutrition in patients with type 2 diabetes: Present knowledge and remaining challenges. In *Nutrients* (Vol. 13, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu13082748>
- Rahman, M. S., Hossain, K. S., Das, S., Kundu, S., Adegoke, E. O., Rahman, M. A., Hannan, M. A., Uddin, M. J., & Pang, M. G. (2021). Role of insulin in health and disease: An update. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms22126403>
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., Colagiuri, S., Guariguata, L., Motala, A. A., Ogurtsova, K., Shaw, J. E., Bright, D., & Williams, R. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
- Soviana, E., & Maenasari, D. (2019). Asupan Serat, Beban Glikemik dan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2. In *Jurnal Kesehatan* (Vol. 12, Issue 1). Online.
- Tucker, L. A. (2018). Fiber intake and insulin resistance in 6374 adults: The role of abdominal obesity. *Nutrients*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/nu10020237>

Van Der Horst, K., Bucher, T., Duncanson, K., Murawski, B., & Labbe, D. (2019). Consumer understanding, perception and interpretation of serving size information on food labels: A scoping review. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11092177>