

Analisis Proksimat dan Serat Kasar Sereal Instan Beras Hitam, Tempe, dan Brokoli bagi Penderita Diabetes Melitus Tipe 2

Proximate and Crude Fibers Analysis of Black Rice, Tempeh, and Broccoli Instant Cereals for Patients with Diabetes Mellitus Type 2

Arindra Nirbaya^{1*}, Yosfi Rahmi², Titis Sari Kusuma³

¹S1 Gizi, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

²Dietisien, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

³S1 Ilmu Gizi, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*email korespondensi: arindra.nirbaya.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) adalah salah satu gangguan metabolik yang ditandai dengan gangguan fungsi insulin. Dukungan diet diperlukan untuk mengontrol gula darah, menurunkan risiko kurang gizi dan komplikasi. Beras hitam memiliki kadar serat dan antioksidan tinggi yang dapat membantu mengontrol gula darah dan menurunkan stres oksidatif pada pasien. Tempe sebagai produk fermentasi kacang kedelai memiliki asam amino ketogenik tinggi tidak meningkatkan beban glikemik. Mineral kromium yang terdapat dalam brokoli dapat membantu meningkatkan sensitivitas insulin. Penelitian bertujuan untuk menganalisis mutu gizi dan serat kasar sereal instan BTB (Beras hitam, Tempe, Brokoli) bagi penderita DMT2. Jenis penelitian adalah kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium dan desain rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan (P1, P2, P3) yang didasarkan pada proporsi beras hitam, tempe dan susu skim. Setiap taraf perlakuan dilakukan karakterisasi organoleptik, uji proksimat, dan uji serat kasar. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase bahan baku memberikan pengaruh besar pada kandungan protein ($\alpha=0,003$) dan karbohidrat ($\alpha=0,015$), sebaliknya tidak memberikan efek yang signifikan terhadap kandungan lemak ($\alpha=0,148$), kadar air ($\alpha=0,153$), kadar abu ($\alpha=0,202$), kandungan energi ($\alpha=0,274$) dan serat kasar ($\alpha=0,271$). Kadar proksimat sereal instan P2 menjadi perlakuan terbaik berdasarkan standar diet PERKENI untuk penderita DMT2. Rata-rata kadar protein P2 $10,48 \pm 0,67\%$, lemak $24,64 \pm 1,98\%$, air $6,27 \pm 0,15\%$, abu $2,11 \pm 0,03\%$, karbohidrat $58,31 \pm 0,93\%$, energi $489,68 \pm 9,59$ kkal, serat kasar $2,52 \pm 0,29$ g. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sereal instan BTS dapat dijadikan alternatif menu sarapan bagi penderita DMT2.

Kata kunci: Beras Hitam; Brokoli; Pangan Fungsional; Sereal Instan; Tempe

ABSTRACT

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a metabolic disorder characterized by insulin dysfunction. Dietary support is essential to control blood glucose levels, prevent malnutrition, and reduce complications. Black rice is rich in dietary fiber and antioxidants that help regulate blood glucose and reduce oxidative stress. Tempeh, a fermented soybean product, contains essential and bioactive amino acids that contribute to glycemic stability. Broccoli provides chromium, which improves insulin sensitivity. This study aimed to analyze the nutritional quality and crude fiber content of BTB instant cereal (black rice, tempeh, and broccoli) for patients with T2DM. The research employed a quantitative laboratory experimental approach using a completely randomized design (CRD) with three treatment levels (P1, P2, and P3) based on different proportions of black rice, tempeh, and skim milk. All formulations were evaluated for organoleptic properties, proximate composition, and crude fiber content. The results showed that variation in ingredient proportion significantly affected protein ($\alpha = 0.003$) and carbohydrate ($\alpha = 0.015$), while there were no significant differences in fat ($\alpha = 0.148$), water ($\alpha = 0.153$), ash ($\alpha = 0.202$), energy ($\alpha = 0.274$), and crude fiber ($\alpha = 0.271$). Based on the dietary standards of the Indonesian Endocrinology Association (PERKENI), the P2 formulation demonstrated the most optimal nutritional profile, with protein of $10.48 \pm 0.67\%$, fat of

24.64 ± 1.98%, carbohydrate of 58.31 ± 0.93%, energy of 489.68 ± 9.59 kcal, and crude fiber of 2.52 ± 0.29 g. Therefore, it was concluded that BTB instant cereal has potential as an alternative breakfast option for individuals with T2DM.

Keywords: *Black Rice; Broccoli; Functional Foods; Instant Cereal; Tempeh*

PENDAHULUAN

Prevalensi penderita diabetes melitus di Indonesia berdasarkan diagnosis dokter menunjukkan peningkatan dari 1,50% pada tahun 2018 menjadi 1,70% di tahun 2023 dengan proporsi kasus DMT2 mencapai 50.20% (Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, 2023; Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2019). Menurut *American Diabetes Association* (ADA) 2025, DMT2 merupakan penyakit metabolik yang ditandai hiperglikemia akibat kelainan sekresi insulin oleh sel β -pankreas, dipengaruhi oleh non-autoimun, sering kali terkait resistensi insulin yang disebabkan hiperlipidemia, faktor keturunan / genetik, status gizi lebih (obesitas) dan rendahnya aktivitas fisik. Diet dengan rendah serat, indeks glikemik tinggi dan lemak tinggi dapat memicu resistensi insulin dan meningkatkan risiko DMT2 (ElSayed et al., 2025).

Beras hitam memiliki serat pangan lebih banyak dibandingkan beras putih yang menyebabkan pencernaan lebih lambat sehingga kenaikan gula darah tidak meningkat tajam. Indeks glikemik beras hitam di angka 55 (rendah). Komponen aktif yang dominan ada dalam beras hitam seperti antosianin, prosianidin, flavonoid dan asam fenolat. Kombinasi antara serat dan komponen aktif dalam beras hitam secara sinergis terbukti memiliki aktivitas hipoglikemia, hipolipidemia, anti kanker dan anti hipertensi (Peng et al., 2021; Ruilong et al., 2020). Warna hitam pada aleuron beras hitam berasal dari komponen antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan untuk menangkal radikal bebas (Amrizal et al., 2018; Ruilong et al., 2020)

Tempe kaya akan asam lemak rantai ganda seperti asam linoleat (omega-6) dan asam linolenat (omega-3). Lemak ini membantu memperbaiki profil lipid (kolesterol) yang abnormal pada penderita diabetes dan membantu meningkatkan sensitivitas insulin (Astawan et al., 2018). Tempe mengandung asam amino lisin dan leusin yang bersifat ketogenik sehingga tidak meningkatkan beban glikemik (Lo et al., 2022). Komponen bioaktif pada tempe seperti genistein, daidzein, peptida bioaktif dan komponen fenolik lainnya secara signifikan memberikan pengaruh terhadap aktivitas fisiologis sebagai antibakteri, antiobesitas, antidiabetes, antidiare dan anti kolesterol (Astawan et al., 2018; Mardhiati et al., 2025; Surya et al., 2024). Aplikasi tempe kedelai dalam produk fungsional dapat digunakan sebagai penyumbang protein dan lemak dengan kandungan energi yang optimal disertai profil zat gizi lengkap dan bioavailabilitas tinggi sehingga mendukung target kebutuhan (Sadewa & Murtini,

2020; Surya et al., 2024). Pemberian tempe pada tikus diabetes dengan dosis 300mg/kg dan 600 mg/kgBB selama 3 bulan dapat menurunkan gula darah dan berat badan tikus serta memperbaiki profil lipid dan kerusakan jaringan (Su et al., 2023).

Brokoli memiliki kandungan serat pangan, antioksidan dan kromium yang secara sinergis membantu regulasi metabolisme glukosa. Serat pada brokoli berkontribusi dalam memperlambat penyerapan glukosa dan meningkatkan rasa kenyang. Kandungan komponen bioaktif sulforaphane berperan sebagai antioksidan yang menurunkan radikal bebas akibat adanya stress oksidatif pada pasien DMT2 sehingga dapat mengurangi resistensi insulin (Raouf & Rahman, 2014). Pemberian kromium pada pasien DMT2 membantu meningkatkan sensitivitas insulin melalui peningkatan transduksi sinyal (Cintari & Sukraniti, 2022).

Penambahan susu skim dalam formula digunakan untuk menambah protein dan memperbaiki mutu organoleptik produk. Peningkatan konsumsi susu berkaitan dengan penurunan risiko DMT2. Tingginya protein susu meningkatkan sensitivitas respons insulin dan menurunkan respons gula darah *postprandial* baik pada subjek sehat maupun pasien dengan DMT2 (Hidayat et al., 2019). Dugaan terkuat pada asam amino dan peptida bioaktif yang terdapat produk susu dan turunannya mampu mengubah kondisi fisiologis seperti kecepatan pengosongan lambung, respons sekresi insulin, sehingga kadar glukosa setelah makan lebih stabil (Hidayat et al., 2019; Schulze et al., 2024; Tian et al., 2017). Kombinasi manfaat berbagai bahan pangan lokal (beras hitam, tempe dan brokoli) dengan tambahan susu skim berpotensi menjadi formula sereal instan fungsional khusus bagi penderita DMT2. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu adanya penelitian untuk menemukan produk baru dengan formulasi bahan yang sesuai dengan yang dibutuhkan penderita DMT 2.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan diantaranya pisau, panci dan dandang "JAWA" TM, blender philips, oven "Mommert", ayakan 100 mesh, cawan porselen, *Muffle furnace* "Nabertherm", neraca analitik dengan ketelitian 4 angka di belakang koma, peralatan kaca "pyrex", labu kjeldahl, biuret, desikator, labu lemak, soxhlet, kondensor, dan *heating mantle*.

Beras hitam yang digunakan memiliki butir utuh berwarna hitam, bersih, kemasan vacuum yang diperoleh di "Bakpao Telo" Lawang dengan merek "Organic Forbidden Rice" varietas dari China. Tempe berwarna putih kekuningan dan miselium masih baru tumbuh (tidak lapuk). Tempe yang digunakan kedelai murni tanpa bahan campuran lain yang diperoleh dari produsen "Tempe Sanan". Brokoli dipilih brokoli segar, susu skim "Nestle", minyak kelapa

“Barco”, gula pasir dibeli di pasar Oro-oro dowo. Bahan kimia yang digunakan meliputi H_2SO_4 (Merck), NaOH, HCl, indikator phenolphthalein, indikator MR-BCG, asam borat, N-Hexana.

Pembuatan Tepung Beras Hitam Pra tanak

Penepungan beras hitam pra tanak diawali dengan pencucian yang dilanjutkan dengan perendaman selama 20 jam. Beras diaru dengan penambahan air (1:2) di atas kompor sambil terus diaduk. Beras yang sudah matang ditiriskan kemudian dipanaskan dalam oven memmert™ pada suhu 70°C sekitar ± 6 jam. Beras yang telah kering di giling dengan blender kering Philips™ dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan ayakan 100 mesh.

Pembuatan Tepung Tempe

Pembuatan tepung tempe diawali dengan sortasi yang dilanjutkan dengan pemotongan tempe menjadi ukuran 1 cm x 1 cm x 0.1 cm. Tempe dikukus selama 15 menit pada kukusan “JAWA™” yang sudah panas. Tempe yang sudah matang ditiriskan dan dikeringkan menggunakan oven memmert™ pada suhu 70°C sekitar ± 5 jam. Tempe yang sudah kering di giling dengan blender kering Philips™ dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan ayakan 100 mesh.

Formulasi Sereal Instan

Pembuatan sereal instan dilakukan dengan bahan ditimbang sesuai masing – masing taraf perlakuan (Tabel 1). Semua bahan kering dicampur hingga homogen. Penambahan minyak dilakukan diakhir sedikit demi sedikit sambil terus diaduk.

Tabel 1. Formulasi Sereal instan (modifikasi dari F100)

Bahan	P1	P2	P3
Tepung Beras Hitam(g)	28	31,5	35
Tepung Tempe (g)	21	15,4	10,5
Tepung susu skim (g)	21	23,1	24,5
Minyak Kelapa (g)	6	6	6
Brokoli (g)	3	3	3
Gula Pasir (g)	7	7	7
Maltodextrin (g)	10	10	10
TOTAL (g)	96	96	96

Keterangan

P1 = Proporsi tepung beras hitam 40%, tepung tempe 30%, dan tepung susu skim 30%

P2 = Proporsi tepung beras hitam 45%, tepung tempe 22%, dan tepung susu skim 33%

P3 = Proporsi tepung beras hitam 50%, tepung tempe 15%, dan tepung susu skim 35%

Analisis Proksimat

Analisis protein dilakukan dengan metode kjeldahl. Analisis lemak menggunakan metode soxhlet. Analisis kadar air dan kadar abu menggunakan metode gravimetri. Analisis karbohidrat dihitung dengan metode *by difference* (Association of Analytical Chemists, 1995).

Analisis Serat Kasar

Sejumlah 2-5 g sampel yang sudah tidak mengandung lemak ditambah dengan 100mL H₂SO₄ 1,25% dan dididihkan selama 30 menit. Larutan disaring menggunakan kertas saring yang telah ditimbang sebelumnya. Kertas saring dicuci secara berurutan dengan air panas, H₂SO₄ 1,25%, air panas dan alkohol 95%. Kertas saring dikeringkan pada 105°C sekitar 1 jam atau hingga bobot konstan (Association of Analytical Chemists, 1995).

Analisis Statistik

Data hasil proksimat dan serat kasar dianalisis dengan uji beda *one way anova* dengan taraf signifikansi 95%. Identifikasi perbedaan antar perlakuan lebih spesifik dilakukan uji lanjutan *duncan's multiple range test* (DMRT). Analisis dilakukan menggunakan aplikasi SPSS 18.0 dalam operasi Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Proksimat dan Serat Kasar Sereal Instan

Hasil analisis proksimat dan serat kasar sereal instan bervariasi selaras dengan perbedaan proporsi komponen penyusunnya. Variasi analisis yang menonjol pada kadar protein dan karbohidrat, Rincian hasil analisis proksimat dan serat kasar sampel sereal instan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Gizi Rata-Rata per 100 g Sereal Instan

Taraf Perlakuan	P1	P2	P3
Protein (%)	12,59 ± 0,37 ^a	10,48 ± 0,67 ^b	9,75 ± 0,65 ^b
Lemak (%)	24,31 ± 0,11 ^a	23,92 ± 1,88 ^a	23,34 ± 0,37 ^a
Karbohidrat (%)	54,75 ± 0,5 ^a	56,49 ± 1,43 ^{ab}	58,31 ± 0,93 ^b
Air (%)	6,31 ± 0,07 ^a	6,27 ± 0,15 ^a	6,50 ± 0,16 ^a
Abu (%)	2,06 ± 0,07 ^a	2,11 ± 0,03 ^a	2,11 ± 0,06 ^a
Energi (kkal)	487,94 ± 0,43 ^a	489,68 ± 9,59 ^a	481,73 ± 2,23 ^a
Serat Kasar (g)	2,13 ± 0,29 ^a	2,52 ± 0,29 ^a	2,43 ± 0,25 ^a

Superskrip berbeda pada baris yang sama artinya berbeda nyata (P<0,05)

Kadar Protein

Proporsi asupan protein yang dianjurkan bagi individu dengan DM2 berkisar antara 10-20% dari total kebutuhan energi harian (ElSayed et al., 2025). Kandungan protein sereal instan P1 dan P2 memenuhi syarat pangan olahan untuk keperluan khusus (PKMK) diabetes melitus (BPOM, 2020). Penurunan proporsi tepung tempe pada sereal instan P3 menjadi manifestasi kadar protein analisis di bawah 10%, peningkatan proporsi susu skim pada P3 belum sebanding dengan kehilangan protein akibat penurunan tepung tempe. Seluruh asam amino dalam bahan pangan, khususnya lisin, treonin, dan metionin rentan mengalami kerusakan akibat pemanasan kering maupun paparan radiasi. Perubahan yang terjadi pada protein akibat proses pemanasan adanya peningkatan *water-holding capacity*, reaksi pencokelatan non

enzimatis (reaksi *maillard*), denaturasi protein dan penurunan fungsionalitasnya (Ghosal et al., 2023). Perubahan struktur protein dipengaruhi oleh komposisi penyusunnya serta metode pengolahan yang diterapkan. Paparan suhu tinggi meningkatkan interaksi antara asam amino dengan gula pereduksi yang terdapat pada bahan baku sehingga memicu terjadinya reaksi *maillard*. Reaksi ini menghasilkan warna cokelat pada produk sekaligus berpotensi menurunkan mutu protein akibat berkurangnya ketersediaan asam amino esensial (Sule et al., 2024).

Asupan total protein dan protein hewani diduga dapat meningkatkan risiko DMT2 pada wanita dan laki – laki, sebaliknya protein nabati menurunkan risiko DMT2 (Tian et al., 2017). Meskipun demikian, pada penderita DMT2 terdapat kecenderungan bahwa konsumsi protein melebihi kebutuhan dapat berkontribusi terhadap ketidakstabilan kadar glukosa darah. Asupan protein berlebih akan meningkatkan degradasi asam amino, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai prekursor glukosa melalui jalur glukoneogenesis maupun dikonversi menjadi asetil-CoA sebagai sumber energi, sehingga berpotensi terhadap kontrol glikemik (Schulze et al., 2024). Pemberian diet tinggi protein yang disertai dengan serat dapat mengembalikan mikrobiota usus yang merujuk pada peningkatan kontrol gula darah dan perbaikan perparahan DMT2 (Su et al., 2023)

Kadar Lemak

Persentase kandungan lemak pada sereal instan berada pada kisaran 22,87-26,88 % dari total energi, dengan rata-rata kadar lemak terendah terdapat pada perlakuan P3 sebesar $23,27 \pm 0,37\%$. Rendahnya kadar lemak pada P3 diduga karena proporsi tepung tempe yang digunakan adalah yang paling kecil dibandingkan perlakuan lainnya. Secara umum, kadar lemak seluruh perlakuan telah memenuhi rekomendasi PERKENI dalam *Konsensus Penatalaksanaan DMT2* (2019) yang menganjurkan asupan lemak sekitar 20-25 % dari total kebutuhan energi dan tidak melebihi 30% dari total asupan energi harian (Soelistijo, 2019). Kadar lemak sereal instan telah sesuai dengan syarat gizi produk khusus untuk keperluan medis (PKMK) bagi penyandang diabetes yakni 2,22 – 2,78 gram per 100 kkal (BPOM, 2020).

Asupan lipid dan metabolisme lipid berkaitan erat dengan kejadian DMT2 dan komplikasinya. Asupan lemak yang melebihi kebutuhan memicu terjadinya dislipidemia yang ditandai kenaikan kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL), peningkatan plasma trigliserida (TG), serta penurunan *High Density Lipoprotein* (HDL). Pengidap DMT2 juga banyak ditemui mengalami kelainan lipid sebagai efek dari resistensi insulin (Ağagündüz et al., 2023; Shetty & Kumari, 2021). Kadar lipid dan kondisi DMT2 saling terkait menyebabkan tidak terkendalinya kadar glukosa darah.

Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat meningkat dari P1 ke P2 dan mencapai nilai tertinggi pada P3. Meski demikian, karbohidrat dalam formula sereal instan didominasi oleh karbohidrat kompleks yang berasal dari tepung beras hitam. Beras hitam memiliki kandungan amilopektin lebih dominan sehingga proses hidrolisis menjadi glukosa memerlukan waktu yang lebih lambat. Kondisi ini berkontribusi pada respons glikemik yang lebih terkendali, akibatnya peningkatan kadar glukosa darah tidak terjadi secara drastis meskipun kandungan karbohidrat total cukup tinggi.

Beberapa penelitian eksperimental mendukung potensi hipoglikemik beras hitam. Uji *in vivo* pada tikus menunjukkan bahwa pemberian beras hitam dengan dosis 0,2 ml per mencit setiap hari dan 0,4 ml per mencit setiap hari dapat menurunkan kadar glukosa darah mencit Balb/C yang telah diberi streptozotocin dengan efek yang sebanding obat diabetes metformin. Studi lain menunjukkan bahwa pemberian ekstrak etanol bekatul beras hitam dosis 50 mg/kg BB tikus hiperglikemi selama 21 hari secara signifikan mampu mengontrol gula darah puasa serta memberikan efek protektif terhadap ginjal, hati dan pankreas (Wahyuni et al., 2024).

Bahan pangan sumber karbohidrat secara fisiologis berkaitan langsung dengan peningkatan kadar glukosa darah, namun responsnya berbeda tergantung pada jenis karbohidrat, struktur matriks pangan, metode pengolahan dan penyajiannya (Muskan et al., 2025). Karbohidrat dicerna menjadi monosakarida, terutama glukosa, yang kemudian masuk ke dalam sirkulasi darah dan merangsang sekresi insulin untuk masuk ke dalam sel serta diubah menjadi energi. Pada DM2, gangguan sekresi insulin dan resistensi insulin menyebabkan pemanfaatan glukosa oleh jaringan tidak optimal, sehingga terjadi hiperglikemia. Selain itu, asupan karbohidrat berlebih juga dapat meningkatkan kadar trigliserida postprandial di dalam darah (Luna-Castillo et al., 2022).

Kadar Air

Kadar air dalam bahan pangan berperan penting dalam menentukan ketahanan produk terhadap pertumbuhan mikroorganisme, yang dinyatakan melalui nilai aktivitas air (A_w), yaitu jumlah air bebas yang tersedia untuk mendukung aktivitas mikroba. Semakin rendah kadar air dan nilai A_w suatu bahan pangan, semakin panjang pula umur simpannya dibandingkan dengan produk dengan nilai lebih tinggi. Pada produk sereal instan, kadar air merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi stabilitas penyimpanan, khususnya tekstur sereal menjadi menggumpal. Peningkatan kadar air dapat mempercepat reaksi oksidasi lemak yang berdampak pada perubahan cita rasa dan penurunan mutu sensori (Gumus & Decker, 2021; Pagey et al., 2025).

Kadar air sereal instan berada pada kisaran 6.11-6.63 % yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Rata-rata kadar air terendah terdapat pada perlakuan P2 yaitu sebesar $6,27 \pm 0,15$ %, sedangkan tertinggi pada P3 sebesar $6,5 \pm 0,16$ %. Variasi kadar air diduga dipengaruhi oleh proporsi tepung tempe dan susu skim yang memiliki sifat higroskopis sehingga mudah menyerap air. Namun demikian, kadar air antar perlakuan relatif seragam, yang kemungkinan berkaitan dengan penggunaan gula dan maltodekstrin sebagai formula tetap (*fixed formula*) dalam jumlah sama untuk seluruh perlakuan.

Kadar Abu

Hasil analisis kadar abu sereal instan menunjukkan bahwa variasi perlakuan tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kadar abu. Peningkatan kadar abu cenderung mengikuti bertambahnya proporsi beras hitam dan susu skim. Secara numerik, P1 menunjukkan nilai terendah yang sejalan dengan rendahnya proporsi susu skim dan beras hitam. Mineral merupakan komponen anorganik yang stabil terhadap proses pengolahan. Residu abu mencerminkan kandungan mineral total dari bahan yang dianalisis. Mineral memegang peranan penting dalam kontrol gula darah sebagai kofaktor enzim maupun berperan dalam jalur sinyal insulin. Komponen mineral, khususnya kromium (Cr), Magnesium (Mg), Zinc (Zn), Selenium (Se) dan Mangan (Mn) membantu menjaga kestabilan gula darah melalui peningkatan sensitivitas insulin, penurunan kadar HbA1C dan perbaikan organ pada pasien dengan DMT2 (Cintari & Sukraniti, 2022; Muhdar, 2024).

Kandungan Energi

Kandungan energi sereal instan dilaporkan pada rentang 479.67 - 500.4 kkal/100g, densitas energi ini selaras dengan perubahan kadar lemak tiap perlakuan. Lemak menghasilkan energi lebih tinggi (9 kkal/g) dibandingkan zat gizi makro lainnya. Konsumsi 45 g sereal instan yang dilarutkan dalam 100mL air hangat, dapat memenuhi kebutuhan camilan (10% dari kebutuhan energi total) pasien DMT2 dengan kebutuhan energi harian sebesar 2150 kkal.

Asupan energi berkorelasi positif terhadap resistensi insulin. Pengaturan asupan energi cukup penting, pasien dengan asupan berlebih memiliki risiko kontrol glukosa yang buruk hingga 31 kali lipat lebih tinggi (Donin et al., 2014). Konsumsi makanan dengan densitas energi tinggi pada pasien DMT2 berpotensi meningkatkan indeks massa tubuh (IMT) dan obesitas. Pemberian diet dengan densitas tinggi lebih berdampak pada peningkatan gula darah dibandingkan sekedar kelebihan asupan energi dan zat gizi makro. Hal ini berkaitan dengan produk pangan densitas tinggi berasal dari lemak dan gula tambahan, sementara densitas rendah kata akan serat, vitamin dan mineral (Takeda et al., 2021).

Kadar Serat Kasar

Analisis serat kasar sereal instan mendapatkan hasil pada rentang 1.8-2.79 g/100g sereal. Sumber serat pada formulasi sereal instan ini berasal dari beras hitam, tempe dan brokoli. Kadar serat seluruh perlakuan memenuhi rekomendasi asupan serat bagi penderita DMT2 menurut standar PERKENI (2019), yakni sebesar 25 g/hari (Soelistijo, 2019). Pemenuhan kebutuhan serat, baik larut maupun tidak larut berperan dalam peningkatan kualitas hidup serta menurunkan risiko komplikasi melalui perbaikan kontrol glukosa darah, kadar trigliserida, kadar *low density lipoprotein* (LDL) dan berat badan (Moreira et al., 2024).

Serat menjadi bagian dalam komponen karbohidrat, kadar serat kasar pada sereal instan dipengaruhi proporsi beras hitam dalam formulasi. Selain itu, penggunaan tepung tempe diduga turut memberikan berkontribusi terhadap variasi kadar serat kasar antar perlakuan. Nilai serat kasar pada bahan pangan umumnya lebih rendah dari total serat pangan. Hal ini terjadi karena metode analisis menggunakan asam sulfat dan natrium hidroksida mampu menghidrolisis komponen bahan lebih kuat dibandingkan kerja enzim pencernaan. Sementara itu, proses pemanasan dan ekstrusi dilaporkan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar serat pada bahan pangan. Serat kasar ini merupakan serat tidak larut yang umumnya tidak membentuk gel di saluran pencernaan, tetapi meningkatkan volume feses dan mempercepat transit di usus yang berdampak pada penurunan laju penyerapan glukosa di usus halus. Kondisi ini menyebabkan laju kurva glukosa *postprandial* lebih landai (Moreira et al., 2024). Fermentasi serat oleh flora normal usus yang terjadi di usus besar menghasilkan senyawa metabolit berupa short chain fatty acid (SCFA) yang mampu meningkatkan metabolisme glukosa dan sensitivitas insulin melalui jalur signaling sekresi GLP-1 dan PYY (Mao et al., 2021; Moreira et al., 2024).

KESIMPULAN

Sereal instan untuk DMT2 dapat diformulasikan menggunakan bahan pangan lokal seperti beras hitam, tempe, susu skim, minyak kelapa, brokoli, gula pasir, dan maltodextrin. Perlakuan terbaik berdasarkan parameter analisa proksimat dan serat kasar diperoleh pada P2 dengan proporsi tepung beras hitam 45%, tepung tempe 22%, dan tepung susu skim 33%. Analisis indeks glikemik dan beban glikemik sereal instan perlu dilakukan untuk mendukung klaim produk sebagai inovasi makanan khusus bagi penderita DMT2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini tidak menerima hibah pendanaan khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

DAFTAR PUSTAKA

- Ağagündüz, D., Icer, M. A., Yesildemir, O., Koçak, T., Kocyigit, E., & Capasso, R. (2023). The roles of dietary lipids and lipidomics in gut-brain axis in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Translational Medicine*, 21(1), 240. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04088-5>
- Amrizal, S. N., Zakaria, F. R., Suliantari, & Chasanah, E. (2018). Consumption of Purple Soy Tofu in Improving Hyperglycemia Condition and Nutritional Intake to Type-2 Diabetes Mellitus Respondents. *International Journal On Advanced Science Engineering Information Technology*, 8(5), 2065–2070.
- Association of Analytical Chemists. (1995). *Official method of analysis of the AOAC (16th ed)*.
- Astawan, M., Mardhiyyah, Y. S., & Wijaya, C. H. (2018). Potential of Bioactive Components in Tempe for the Treatment of Obesity. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 13(2), 79–86. <https://doi.org/10.25182/jgp.2018.13.2.79-86>
- Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. (2023). Survei Kesehatan Indonesia (SKI).
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2019). LAPORAN NASIONAL RISKESDAS 2018.
- BPOM. (2020). PBOM No 24 Th 2020 tentang Pengawasan Pangan Olahan untuk Keperluan Gizi Khusus (Patent Nomor 24 Tahun 2020). In BPOM (Nomor 24 Tahun 2020).
- Cintari, L., & Sukraniti, D. P. (2022). Implementation of Transtheoretical Model Nutrition Education and Chromium Picolinate Supplementation on Improved Dietary Adherence Behavior, Chromium Consumption Pattern and Blood Glucose Level Diabetes Mellitus Patients. *JURNAL NUTRISIA*, 24(1), 29–39. <https://doi.org/10.29238/jnutri.v24i1.252>
- Donin, A. S., Nightingale, C. M., Owen, C. G., Rudnicka, A. R., Jebb, S. A., Ambrosini, G. L., Stephen, A. M., Cook, D. G., & Whincup, P. H. (2014). Dietary energy intake is associated with type 2 diabetes risk markers in children. *Diabetes Care*, 37(1), 116–123. <https://doi.org/10.2337/dc13-1263>
- ElSayed, N. A., McCoy, R. G., Aleppo, G., Balapattabi, K., Beverly, E. A., Briggs Early, K., Bruemmer, D., Ebekozien, O., Echouffo-Tcheugui, J. B., Ekhlaspour, L., Gaglia, J. L., Garg, R., Khunti, K., Lal, R., Lingvay, I., Matfin, G., Pandya, N., Pekas, E. J., Pilla, S. J., ... Bannuru, R. R. (2025). 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care*, 48(Supplement_1), S27–S49. <https://doi.org/10.2337/dc25-S002>
- Ghosal, A., Pradhan, S., Patel, S., & Dahikar, P. G. (2023). Effect of heat on protein: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 8(1), 20–22.
- Gumus, C. E., & Decker, E. A. (2021). Oxidation in Low Moisture Foods as a Function of Surface Lipids and Fat Content. *Foods*, 10(4), 860. <https://doi.org/10.3390/foods10040860>

- Hidayat, K., Du, X., & Shi, B. (2019). Milk in the prevention and management of type 2 diabetes: The potential role of milk proteins. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 35(8). <https://doi.org/10.1002/dmrr.3187>
- Lo, D., Romulo, A., Lin, J.-Y., Wang, Y.-T., Wijaya, C. H., & Wu, M.-C. (2022). Effect of different fermentation conditions on antioxidant capacity and isoflavones content of soy tempeh. *AIMS Agriculture and Food*, 7(3), 567–579. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022035>
- Luna-Castillo, K. P., Olivares-Ochoa, X. C., Hernández-Ruiz, R. G., Llamas-Covarrubias, I. M., Rodríguez-Reyes, S. C., Betancourt-Núñez, A., Vizmanos, B., Martínez-López, E., Muñoz-Valle, J. F., Márquez-Sandoval, F., & López-Quintero, A. (2022). The Effect of Dietary Interventions on Hypertriglyceridemia: From Public Health to Molecular Nutrition Evidence. *Nutrients*, 14(5), 1104. <https://doi.org/10.3390/nu14051104>
- 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>
- Mardhiati, I., Astawan, M., & Indrasti, D. (2025). Tempe as a control for diabetes mellitus: Consumer perceptions and feasibility. *BIO Web of Conferences*, 171, 02005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202517102005>
- Moreira, F. D., Mendes, G. F., Nascimento, G. D. M., Reis, C. E. G., Gallassi, A. D., & Welker, A. F. (2024). Postprandial hyperglycemia in patients with type 2 diabetes is reduced by raw insoluble fiber: A randomized trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 34(12), 2673–2679. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.09.013>
- Muhdar, I. N. (2024). Relationship between manganese minerals and type 2 diabetes mellitus: A mini review. *Arsip Keilmuan Gizi (AKG)*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.36590/akg.v1i1.818>
- Muskan, Kharadi, T., & Wadhawan, N. (2025). Impact of cooking and processing methods on the glycemic response of legumes and cereals: A review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(6), 1076–1082. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i6m.4662>
- Pagey, S. V., Landge, B. P., & Nakhale, S. (2025). Lipid oxidation in food systems: Mechanisms, detection methods, and prevention strategies. *International Journal of Applied Research*, 11(5), 82–88.
- Peng, B., Lou, A.-Q., Luo, X.-D., Wang, R., Tu, S., Xue, Z.-Y., Qiu, J., Tian, X.-Y., Yang, F., Zhang, Y.-M., Huang, Y.-Q., Sun, Y.-Y., Chen, P.-L., Zhou, W., & Wang, Q.-X. (2021). The Nutritional

- Value and Application of Black Rice-A Review. *Journal of Biotechnology Research*, (74), 63–72. <https://doi.org/10.32861/jbr.74.63.72>
- Raouf, E. H. H., & Rahman, O. A.-G. H. (2014). Effect of broccoli intake on antioxidant in the liver and kidney tissues of hyperglycemic rats. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 1(1).
- Ruilong, Z., Jingyi, S. U. O., Chengtuo, N. I. U., Feiyun, Z., Chonghua, Y. I., Diqing, S., Jinjing, W., Qi, L. I., & Chunfeng, L. I. U. (2020). Application of purple or black rice in brewing industry. *Food and Fermentation Industries*, 46(23), 263–268. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.024717>
- Sadewa, G. K., & Murtini, E. S. (2020). STUDI PEMBUATAN NAGET DARI CAMPURAN NANGKA MUDA DAN TEMPE BUNGKIL KACANG TANAH DENGAN PENAMBAHAN TAPIOKA. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 8(4), 197–207. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2020.008.04.3>
- Schulze, M. B., Haardt, J., Amini, A. M., Kalotai, N., Lehmann, A., Schmidt, A., Buyken, A. E., Egert, S., Ellinger, S., Kroke, A., Kühn, T., Louis, S., Nimptsch, K., Schwingshackl, L., Siener, R., Zittermann, A., Watzl, B., & Lorkowski, S. (2024). Protein intake and type 2 diabetes mellitus: an umbrella review of systematic reviews for the evidence-based guideline for protein intake of the German Nutrition Society. *European Journal of Nutrition*, 63(1), 33–50. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03234-5>
- Shetty, S., & Kumari, S. (2021). Fatty acids and their role in type-2 diabetes (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*, 22(1), 706. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10138>
- Soelistijo, S. A. et al. (2019). Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia. PB PERKENI.
- Su, H.-K., Chen, W.-C., Lu, J.-H., Chao, H.-R., Liang, Y.-F., Haruka, S., Hsu, W.-L., Wu, M.-L., & Tsai, M.-H. (2023). The effects of using Tempeh as a supplement for type 2 diabetes. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 3339–3347. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3319>
- Sule, S. O., Solana, O. I., J.E., O., & Ogunsanwo, O. A. (2024). Effect of processing on nutritional content of Peanut (*Arachis hypogaea*) skin waste as functional food and feed. *ADAN Journal of Agriculture*, 5(1). <https://doi.org/10.36108/adanja/4202.50.0111>
- Surya, R., Amalia, N., Gunawan, W. Ben, Taslim, N. A., Ghafoor, M., Mayulu, N., Hardinsyah, H., Abdi Syahputra, R., Kartawidjajaputra, F., Rizzo, G., Tjandrawinata, R. R., Subali, D., Kurniawan, R., & Nurkolis, F. (2024). Tempe as superior functional antioxidant food:

From biomechanism to future development of soybean-based functional food.

Pharmacia, 71, 1–7. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.71.e116748>

Takeda, Y., Fujihara, K., Nedachi, R., Ikeda, I., Morikawa, S. Y., Hatta, M., Horikawa, C., Kato, M., Kato, N., Yokoyama, H., Kurihara, Y., Miyazawa, K., Maegawa, H., & Sone, H. (2021).

Comparing Associations of Dietary Energy Density and Energy Intake, Macronutrients with Obesity in Patients with Type 2 Diabetes (JDDM 63). *Nutrients*, 13(9), 3167.

<https://doi.org/10.3390/nu13093167>

Tian, S., Xu, Q., Jiang, R., Han, T., Sun, C., & Na, L. (2017). Dietary Protein Consumption and the Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies.

Nutrients, 9(9), 982. <https://doi.org/10.3390/nu9090982>

Wahyuni, A. S., Wijianto, D. W., & Iswanto, D. (2024). Evaluation of the Effectiveness of Metformin and Black Rice Ethanol Extract Combination in Reducing Blood Glucose Levels and Protecting Kidney, Liver, and Pancreatic Cells. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(6). <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v8i6.11>