

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus (DM) merupakan salah satu masalah kesehatan global yang terus mengalami peningkatan dalam beberapa dekade terakhir. DM merupakan gangguan metabolisme yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa darah akibat ketidakmampuan tubuh dalam memproduksi insulin atau menggunakan insulin dengan optimal sehingga mengakibatkan kadar gula darah meningkat di atas normal atau hiperglikemia (Umayya & Wardani, 2023). Beberapa klasifikasi diabetes melitus meliputi diabetes melitus tipe 1, diabetes melitus tipe 2, diabetes melitus gestasional, serta diabetes melitus tipe lain. Di antara berbagai klasifikasi tersebut, diabetes melitus tipe 2 merupakan jenis diabetes melitus yang paling banyak dialami oleh masyarakat. Diabetes melitus tipe 2 (T2DM) ditandai oleh resistensi insulin dan penurunan relatif sekresi insulin. Pada awalnya, kadar insulin dapat meningkat sebagai respons kompensasi, namun jumlah tersebut tidak cukup untuk menjaga keseimbangan glukosa darah. Seiring waktu, kemampuan sekresi insulin menurun sehingga pengendalian glukosa darah semakin terganggu. (Solis-Herrera et al., 2018).

Menurut data *International Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2024, jumlah penyandang diabetes terus meningkat dari tahun ke tahun, didorong oleh perubahan pola makan, urbanisasi yang pesat, peningkatan obesitas, serta gaya hidup sedentari. Kondisi ini menempatkan diabetes melitus sebagai salah satu ancaman serius bagi kualitas hidup masyarakat dunia, sekaligus beban yang signifikan bagi sistem kesehatan. Pada tahun 2024, sekitar 589 juta orang dewasa di seluruh dunia hidup dengan diabetes melitus (DM). Angka ini diperkirakan akan meningkat menjadi 853 juta pada tahun 2050. Sebagian besar kasus diabetes melitus tersebut merupakan diabetes melitus tipe 2, yang mencakup lebih dari 90% dari seluruh kasus diabetes. Diabetes tipe 2 ditandai oleh adanya resistensi insulin, yaitu kondisi ketika tubuh tidak dapat merespons insulin secara optimal (IDF, 2025).

Data IDF pada tahun 2024 juga menunjukkan bahwa Indonesia menghadapi beban diabetes melitus yang sangat besar. Dari total populasi dewasa sebanyak 185,2 juta jiwa, sekitar 11,3% di antaranya hidup dengan diabetes. Angka ini setara dengan sekitar 20,4 juta kasus diabetes pada orang dewasa, menjadikan Indonesia termasuk negara dengan jumlah penderita diabetes tertinggi di kawasan *Western Pacific* (IDF, 2025). Menurut Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023, prevalensi diabetes di Indonesia adalah 11,7% berdasarkan pemeriksaan kadar gula darah pada penduduk usia 15 tahun ke atas (Kementrian Kesehatan RI, 2023). Peningkatan prevalensi diabetes melitus tipe 2 terjadi di berbagai wilayah di Indonesia, salah satunya di Provinsi Sulawesi Selatan, yakni dari 1,8% pada tahun 2018 menjadi 2,0% pada tahun 2023, dengan proporsi kejadian tertinggi pada DM tipe 2 sebesar 44,4% (Kementrian Kesehatan RI, 2023). Salah satu kota dengan jumlah kasus DM terbanyak adalah Kota Makassar dengan prevalensi DM mencapai angka 2,4%. Kondisi ini menjadi tantangan besar dalam upaya pencegahan diabetes melitus (Wahyuni et al., 2025).

Adapun di Indonesia, tren peningkatan kasus diabetes melitus tipe 2 dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko yang berkaitan dengan perubahan gaya hidup masyarakat. Diabetes melitus tipe 2 disebabkan oleh interaksi yang kompleks antara faktor genetik, lingkungan, dan gaya hidup yang pada akhirnya mengganggu kerja atau produksi insulin. Kebiasaan merokok merupakan salah satu faktor yang berkontribusi nyata terhadap tingginya angka diabetes, terutama pada daerah dengan prevalensi perokok yang besar. Selain itu, rendahnya aktivitas fisik dalam kehidupan sehari-hari turut meningkatkan risiko terjadinya gangguan metabolik, mengingat kurangnya gerak tubuh dapat memicu penumpukan lemak dan menurunkan sensitivitas insulin. Obesitas juga menjadi faktor penting yang mendorong naiknya angka diabetes melitus tipe 2, yang biasanya muncul akibat pola konsumsi tinggi energi namun rendah kualitas gizi (Azriful et al., 2024). Adapun diabetes melitus tipe 2 memiliki dampak yang luas dan kompleks terhadap kesehatan. Diabetes melitus tipe 2 berdampak pada terjadinya komplikasi makrovaskular seperti penyakit jantung koroner, stroke, dan penyakit arteri perifer, serta komplikasi mikrovaskular seperti nefropati diabetik, retinopati, dan neuropati perifer (Reynolds et al., 2020).

Penatalaksanaan diabetes melitus dibagi menjadi lima pilar utama, yaitu edukasi, latihan fisik, pengaturan pola makan, pengobatan, dan pemeriksaan gula darah (PERKENI, 2021). Di antara pilar tersebut, pengaturan pola makan memegang peranan yang sangat penting, karena pola makan yang tepat tidak hanya berperan dalam pencegahan tetapi juga dalam pengendalian diabetes melitus. Salah satu pendekatan yang semakin berkembang adalah konsumsi pangan fungsional. Pangan fungsional merupakan bahan pangan yang tidak hanya berperan sebagai sumber energi dan pemenuhan kebutuhan gizi dasar, tetapi juga mengandung komponen bioaktif yang mampu memberikan manfaat fisiologis tambahan bagi kesehatan manusia (Khoerunisa, 2020).

Salah satu pangan lokal yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional adalah biji alpukat (*Persea americana* Mill.). Alpukat merupakan tanaman dari famili *Lauraceae* yang berasal dari wilayah tropis Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan, namun kini telah dibudidayakan secara luas di berbagai negara, termasuk Indonesia. Alpukat merupakan salah satu komoditas pertanian unggulan di Indonesia dengan tingkat produksi yang cukup tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2018), produksi alpukat nasional mencapai 201.818 ton per tahun, menunjukkan bahwa buah ini memiliki nilai ekonomi dan tingkat konsumsi yang terus meningkat di masyarakat. Namun, pemanfaatannya selama ini masih belum optimal. Masyarakat umumnya hanya mengonsumsi bagian daging buahnya, sementara bagian lain seperti kulit dan bijinya dibuang sebagai limbah karena dianggap tidak memiliki nilai guna. Padahal, biji alpukat memiliki proporsi yang cukup besar, yakni sekitar 30% dari total berat buah, sehingga pembuangannya dalam jumlah besar berpotensi menambah beban limbah organik (Lukman et al., 2022).

Penelitian oleh Nardi et al. (2020) menunjukkan bahwa biji alpukat menyimpan potensi yang jauh lebih besar daripada sekadar limbah. Biji alpukat mengandung beragam senyawa bioaktif penting seperti polifenol, tanin, flavonoid, triterpenoid,

kuinon, monoterpenoid, dan seskuiterpenoid. Di antara senyawa tersebut, flavonoid dikenal memiliki aktivitas biologis yang sangat bermanfaat bagi kesehatan, khususnya dalam konteks pencegahan diabetes melitus. Flavonoid bekerja dengan cara menghambat penyerapan glukosa di usus, meningkatkan toleransi glukosa, serta membantu memperbaiki sensitivitas insulin. Senyawa ini juga memiliki sifat antioksidan yang mampu menurunkan stres oksidatif, yaitu salah satu faktor yang berkontribusi terhadap perkembangan komplikasi diabetes. Dengan komposisi bioaktif yang begitu beragam dan aktivitas fisiologis yang mendukung kesehatan metabolik, biji alpukat sebenarnya memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bahan pangan fungsional. Pemanfaatan biji alpukat sebagai bahan pangan alternatif bukan hanya memberikan nilai tambah dari sisi zat gizi dan kesehatan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan limbah pangan melalui pemanfaatan produk sampingan yang selama ini belum dioptimalkan (Nardi et al., 2020).

Biji alpukat juga mengandung kalium dan senyawa antioksidan dalam jumlah tinggi, serta merupakan salah satu sumber serat pangan yang baik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biji alpukat memiliki kandungan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan *in vitro* yang lebih tinggi dibandingkan bagian yang dapat dimakan, yaitu daging buah, bahkan melebihi antioksidan sintetis seperti Trolox. Hal ini berkaitan dengan keberadaan tanin dan senyawa polifenol yang terdapat di dalam biji alpukat (Barbosa-Martín et al., 2016).

Biji alpukat juga mengandung berbagai zat gizi makro seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat pangan yang mendukung pemeliharaan kesehatan. Karbohidrat menyediakan glukosa yang dibutuhkan sel tubuh untuk energi (Widyasari et al., 2022). Adapun asupan protein perlu diperhatikan oleh pasien diabetes melitus karena berperan dalam membantu mengontrol kadar glukosa darah (Tontowi et al., 2025). Lemak juga berpengaruh terhadap gula darah pasien diabetes melitus. Sel-sel lemak akan menghasilkan beberapa zat yang digolongkan sebagai adipositokin yang menyebabkan resistensi terhadap insulin, akibatnya gula darah sulit masuk ke dalam sel sehingga terjadi hiperglikemia (Widyasari et al., 2022). Serat pangan juga berpengaruh dalam kadar glukosa darah pasien diabetes melitus. Serat, terutama serat larut, dapat memperlambat pengosongan lambung dan penyerapan karbohidrat di usus sehingga kenaikan glukosa darah setelah makan berlangsung lebih lambat dan tidak tajam (Reynolds et al., 2020).

Pemanfaatan biji alpukat sebagai bahan makanan tidak hanya menawarkan peluang inovasi dalam pengembangan pangan fungsional, tetapi juga menjadi langkah dalam upaya mengurangi limbah pangan (*food waste*). Saat ini, pengelolaan limbah pada sektor makanan merupakan salah satu tantangan terbesar di tingkat global. Berbagai proses dalam rantai produksi pangan, mulai dari tahap panen, distribusi, pengolahan, hingga konsumsi secara konsisten menghasilkan produk sampingan dalam jumlah besar, seperti kulit buah, ampas, hingga biji yang tidak dimanfaatkan. Biji alpukat merupakan salah satu contoh bahan yang hampir selalu dibuang, padahal volumenya sangat besar mengingat tingginya konsumsi alpukat di berbagai negara, termasuk Indonesia (Meduri et al., 2025).

Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh Ojo, *et al* pada tahun 2022 juga mengungkapkan bahwa biji alpukat mengandung polifenol dan berbagai senyawa

bioaktif yang memiliki kaitan erat dengan pengendalian diabetes. Senyawa polifenol pada biji alpukat diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antidiabetes, salah satunya melalui mekanisme penghambatan enzim pencernaan karbohidrat seperti *α -glucosidase*. Penghambatan enzim ini berperan dalam memperlambat pemecahan karbohidrat menjadi glukosa sehingga dapat mencegah lonjakan gula darah setelah makan. Selain itu, kandungan bioaktif lain seperti flavonoid dan komponen fenolik turut berkontribusi dalam mengurangi stres oksidatif dan meningkatkan sensitivitas insulin. Keberadaan senyawa-senyawa ini membuka peluang untuk menjadikan limbah pangan sebagai sumber bahan baku fungsional yang bernilai ekonomi, murah, dan berkelanjutan (Ojo et al., 2022).

Dengan memanfaatkan kembali bahan yang sebelumnya dianggap tidak berguna dan mengolahnya menjadi produk makanan yang layak konsumsi, tidak hanya meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan timbulan sampah organik yang selama ini menjadi masalah lingkungan. Pemanfaatan kembali bahan-bahan yang seharusnya dibuang dan mengubahnya menjadi makanan yang dapat dimakan dapat menjadi cara yang baik untuk mengatasi masalah sampah pangan. Bahan yang sebelumnya hanya menjadi sisa terbuang kini dapat ditingkatkan nilai gunanya melalui inovasi produk pangan bernilai fungsional (Meduri et al., 2025).

Pengurangan limbah biji alpukat dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi berbagai jenis produk yang memiliki nilai tambah sehingga mampu meningkatkan nilai ekonomis dari bagian buah yang selama ini dianggap tidak berguna. Biji alpukat memiliki karakteristik aroma yang khas serta rasa yang cenderung pahit, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan pangan memerlukan tahap pengolahan tertentu untuk memperbaiki kualitas sensori. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengolah biji alpukat menjadi bentuk tepung. Proses pengolahan membantu mengurangi rasa pahit alami yang terdapat pada biji dan juga membuatnya lebih mudah dicampurkan dengan berbagai bahan pangan lain. Selain itu, tepung biji alpukat dapat digunakan sebagai bahan substitusi dalam pembuatan produk olahan, baik secara parsial maupun penuh, sehingga menghasilkan produk pangan yang lebih bervariasi dan bernilai fungsional (Lukman et al., 2022).

Tepung biji alpukat dapat diolah sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai produk berbasis tepung seperti cookies, brownies, roti, pizza, mie, hingga *snack bar* (Hayati et al., 2024). Seiring dengan perkembangan gaya hidup masyarakat modern yang semakin padat, keterbatasan waktu dalam mempersiapkan makanan semakin meningkat, sehingga mendorong peralihan konsumsi menuju produk pangan siap makan (*ready-to-eat*) yang praktis, mudah dikonsumsi, disimpan, dan dibawa, sangat dibutuhkan dan diminati oleh konsumen dengan gaya hidup modern. *Snack bar* dapat menjadi produk pangan yang praktis, mudah diperoleh, tidak memerlukan persiapan, serta juga memberikan manfaat kesehatan (Chauhan & Mahajan, 2024). *Snack bar* umumnya dibuat dari campuran sereal, buah, kacang-kacangan, serta bahan bergizi lainnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk yang efektif dalam menyediakan asupan zat gizi, senyawa bioaktif, dan serat pangan kepada konsumen. *Snack bar* termasuk dalam kategori makanan ringan yang dapat berfungsi sebagai bagian dari makanan utama,

camilan di antara waktu makan, hidangan penutup, hingga pengganti makan. Meskipun pada awalnya banyak *snack bar* tidak diakui sebagai pangan fungsional karena komposisinya yang kurang padat gizi, perkembangan formulasi modern telah menghasilkan *snack bar* yang diperkaya protein, vitamin, mineral, dan serat sehingga dapat memberikan manfaat kesehatan, termasuk peningkatan energi, pengendalian berat badan, hingga perbaikan profil glukosa (Constantin & Istrati, 2019).

Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan zat gizi makro seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat pada produk *snack bar* berbasis tepung biji alpukat. Analisis komposisi makronutrien ini akan memberikan gambaran ilmiah mengenai kelayakan *snack bar* biji alpukat sebagai pangan fungsional yang aman dan bermanfaat bagi penderita diabetes melitus.

1.2 Teori

1.2.1 Tinjauan Umum tentang Diabetes Melitus Tipe 2

A. Definisi Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 (T2DM) atau *Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM) merupakan salah satu gangguan metabolik yang paling banyak terjadi di dunia. Penyakit ini berkembang akibat kombinasi dua faktor utama, yaitu gangguan sekresi insulin oleh sel β pankreas dan menurunnya kemampuan jaringan yang sensitif terhadap insulin dalam merespons kerja insulin. Produksi dan aktivitas insulin seharusnya dapat memenuhi kebutuhan metabolik tubuh, sehingga proses molekuler yang mengatur sintesis, pelepasan, dan respons insulin harus berjalan secara terkontrol. Gangguan pada salah satu mekanisme tersebut dapat menimbulkan ketidakseimbangan metabolik yang berperan dalam terjadinya T2DM (Naki et al., 2025).

Diabetes melitus tipe 2 ditandai oleh terjadinya resistensi insulin pada jaringan perifer seperti otot, hati, dan jaringan lemak, yang disertai dengan penurunan fungsi sel β pankreas secara bertahap dalam memproduksi insulin, sehingga tubuh tidak mampu mempertahankan kadar glukosa darah dalam batas normal. Kondisi ini menyebabkan hiperglikemia kronis yang berkembang secara perlahan dan sering kali tidak disadari pada tahap awal karena gejala yang muncul cenderung ringan atau tidak spesifik. Perkembangan diabetes melitus tipe 2 sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan, terutama pola makan yang tinggi energi dan rendah serat, kelebihan berat badan atau obesitas, serta kurangnya aktivitas fisik yang dapat memperburuk resistensi insulin dan mempercepat penurunan fungsi sel β pankreas (X. Lu et al., 2024).

Tabel 1. 1 Kadar Tes Laboratorium Darah untuk Diagnosis Diabetes dan Prediabetes

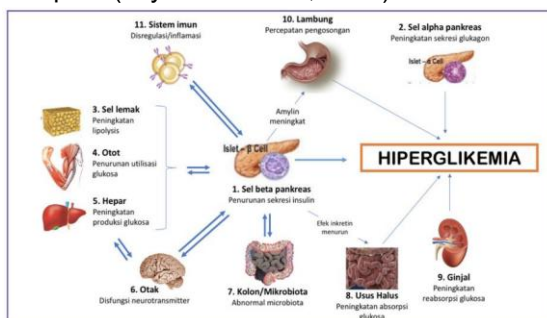
	HbA1c (%)	Glukosa Darah Puasa (mg/dL)	Glukosa Plasma 2 Jam TTGO (mg/dL)
Normal	< 5,7	70 - 99	70 - 139
Pre-diabetes	5,7 – 6,4	100 - 125	140 – 199
Diabetes	≥ 6,5	≥ 126	≥ 200

Sumber: (PERKENI, 2021)

B. Patogenesis Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis yang terjadi akibat interaksi antara resistensi insulin dan gangguan sekresi insulin. Pada tahap awal, sel-sel tubuh, terutama otot rangka, jaringan adiposa, dan hati, mengalami penurunan sensitivitas terhadap insulin. Kondisi ini menyebabkan glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel secara optimal, sehingga kadar glukosa dalam darah meningkat. Sebagai respons terhadap resistensi insulin, sel β pankreas berusaha mengompensasi dengan meningkatkan produksi dan sekresi insulin. Pada fase ini, kadar insulin dalam darah dapat tetap normal atau bahkan meningkat. Namun, peningkatan sekresi insulin tersebut bersifat kompensatorik dan tidak berlangsung secara permanen (Młynarska et al., 2025).

Seiring berjalannya waktu, paparan glukosa darah tinggi yang berkepanjangan (*glukotoksitas*) serta peningkatan asam lemak bebas (*lipotoksitas*) menyebabkan kerusakan fungsi dan penurunan massa sel β pankreas. Akibatnya, kemampuan pankreas untuk menghasilkan insulin menurun secara progresif, sehingga insulin yang tersedia menjadi tidak cukup untuk mengatasi resistensi insulin yang ada. Selain itu, hati pada penderita DMT2 juga berperan penting dalam patogenesis penyakit ini. Resistensi insulin di hati menyebabkan peningkatan produksi glukosa endogen, terutama saat puasa, yang semakin memperparah hiperglikemia. Kombinasi antara resistensi insulin, penurunan sekresi insulin, dan peningkatan produksi glukosa hati akhirnya menyebabkan gangguan homeostasis glukosa secara kronis, yang menjadi ciri utama diabetes melitus tipe 2 (Młynarska et al., 2025).



Gambar 1. 1 Patofisiologi Diabetes Melitus Tipe 2

Sumber: PERKENI, 2021

C. Faktor Risiko Diabetes Melitus

Faktor risiko diabetes melitus secara umum terbagi menjadi faktor yang tidak dapat diubah dan faktor yang dapat dimodifikasi. Faktor yang tidak dapat diubah meliputi usia dan riwayat keluarga. Usia lanjut diketahui meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus tipe 2 secara signifikan akibat proses degeneratif yang menurunkan kemampuan tubuh dalam memetabolisme glukosa. Selain itu, riwayat keluarga atau ras/etnis dengan diabetes melitus juga berperan penting, karena individu yang memiliki keluarga dengan diabetes melitus cenderung memiliki risiko lebih tinggi akibat pengaruh genetik (Nurfiqru et al., 2024).

Sementara itu, faktor yang dapat dimodifikasi mencakup gaya hidup yakni pola makan dan kondisi kesehatan tertentu. Kurangnya aktivitas fisik merupakan faktor dominan yang secara signifikan. Individu dengan tingkat aktivitas fisik ringan memiliki risiko sekitar 7 kali lebih besar untuk mengalami diabetes melitus tipe 2 dibandingkan dengan individu yang melakukan aktivitas fisik berat. Kurangnya aktivitas fisik menyebabkan tubuh jarang menggunakan glukosa sebagai sumber energi, sehingga glukosa menumpuk dalam darah dan berkontribusi terhadap terjadinya hiperglikemia. Aktivitas fisik yang rendah dapat menurunkan sensitivitas tubuh terhadap insulin. Dalam kondisi normal, aktivitas fisik membantu meningkatkan kerja insulin sehingga sel-sel tubuh mampu menyerap glukosa dengan lebih baik. Namun, apabila seseorang jarang beraktivitas fisik atau menjalani gaya hidup sedentari, kerja insulin menjadi tidak optimal dan dapat menyebabkan resistensi insulin (Jati et al., 2023).

Obesitas juga berperan dalam terjadinya diabetes melitus. Obesitas menyebabkan penumpukan lemak berlebih pada jaringan adiposa. Kondisi ini mengakibatkan sel adiposit mengalami hipertrofi sehingga sensitivitas reseptor insulin menurun dan respon sel beta pankreas terhadap peningkatan glukosa darah menjadi tidak optimal. Akibatnya, terjadi resistensi insulin yang menyebabkan berkurangnya kemampuan sel tubuh dalam mengambil glukosa dari darah, sehingga kadar glukosa darah meningkat dan memicu terjadinya diabetes melitus tipe 2. Selain itu, pola makan tidak sehat, kebiasaan merokok, dan stres turut berkontribusi dalam meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus (Handari et al., 2023).

D. Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2

1. Edukasi

Edukasi berperan dalam membantu masyarakat memahami pengertian diabetes melitus, faktor risiko, gejala, serta komplikasi yang dapat terjadi apabila penyakit tidak dikendalikan dengan baik. Rendahnya literasi kesehatan disebutkan sebagai salah satu penyebab utama keterlambatan diagnosis dan buruknya pengendalian DMT2, khususnya di wilayah pedesaan. Melalui edukasi yang disampaikan dengan bahasa sederhana dan

pendekatan yang sesuai dengan kondisi sosial budaya setempat, masyarakat menjadi lebih mampu mengenali tanda awal diabetes dan menyadari pentingnya deteksi dini melalui pemeriksaan gula darah secara rutin. Selain meningkatkan pengetahuan, edukasi juga mendorong perubahan sikap dan perilaku terkait pengelolaan diabetes, seperti pengaturan pola makan, peningkatan aktivitas fisik, serta kepatuhan terhadap anjuran kesehatan. Kegiatan edukasi yang disertai diskusi interaktif dan konseling kesehatan berhasil meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan, ditunjukkan oleh meningkatnya kemampuan masyarakat dalam menjelaskan faktor risiko dan langkah pencegahan diabetes melitus setelah edukasi diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa edukasi kesehatan dapat menjadi intervensi awal yang efektif dalam pengendalian DMT2 berbasis masyarakat (Sukmara, 2025).

2. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik berperan penting dalam pencegahan DMT2 karena mampu meningkatkan sensitivitas insulin dan membantu tubuh menggunakan glukosa secara lebih efisien. Selama aktivitas fisik, kebutuhan energi tubuh meningkat sehingga otot rangka mengalami peningkatan kontraksi dan penyerapan glukosa dari darah. Mekanisme ini membantu menurunkan kadar glukosa darah dan mencegah terjadinya hiperglikemia yang berkepanjangan, yang merupakan ciri utama perkembangan diabetes melitus tipe 2. Selain itu, aktivitas fisik juga terbukti dapat mengurangi resistensi insulin, yang merupakan faktor kunci dalam patogenesis DMT2 (Ayubi et al., 2025). Aktivitas fisik juga berkontribusi dalam menjaga berat badan, meningkatkan sensitivitas insulin, serta membantu tubuh memanfaatkan glukosa darah secara lebih efektif, sehingga dapat menurunkan risiko hiperglikemia. Pencegahan DMT2 perlu dilakukan melalui penerapan aktivitas fisik yang cukup dan teratur sebagai bagian dari gaya hidup sehat, terutama pada kelompok usia muda, untuk menekan risiko terjadinya diabetes melitus di kemudian hari (Ramadhani et al., 2022).

3. Perbaikan Pola Makan

Pencegahan diabetes melitus tipe 2 (DMT2) mencakup penerapan pola makan sehat sebagai bagian dari modifikasi gaya hidup. Upaya ini dilakukan melalui perbaikan pola makan dengan meningkatkan konsumsi pangan tinggi serat, seperti sayur, buah, biji-bijian utuh, dan kacang-kacangan, serta membatasi asupan gula sederhana dan karbohidrat dengan indeks glikemik tinggi. Pola makan seimbang yang kaya akan komponen bioaktif, termasuk antioksidan dan fitokimia, diketahui berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin dan menurunkan peradangan metabolik. Selain itu, pengendalian asupan lemak juga menjadi aspek penting, khususnya dengan mengurangi konsumsi lemak jenuh dan

meningkatkan asupan lemak tak jenuh, guna membantu menjaga keseimbangan metabolisme glukosa dan menurunkan risiko perkembangan DMT2 (Andrade et al., 2025).

Tabel 1. 2 Tabel Sintesa tentang Faktor Risiko dan Pencegahan DMT2

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
1	Nurfiqrol, Mutmainna, & Abrar (2024) https://www.researchgate.net/publication/396333260_Analisis_Faktor_Risiko_Kejadian_Diabetes_Melitus_Tipe_II_Pada_Pasien_Yang_Terdiagnosa_Diabetes_Melitus_Tipe_II_Diwilayah_Kerja_Puskesmas_Pampang	Analisis Faktor Risiko Kejadian Diabetes Melitus Tipe II pada Pasien yang Terdiagnosa Diabetes Melitus Tipe II di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang. <i>JIMPK: Jurnal Ilmiah Mahasiswa & Penelitian Keperawatan</i>	Penelitian observasional analitik dengan desain <i>cross sectional</i> . Analisis data menggunakan uji <i>chi-square</i> untuk mengetahui hubungan faktor risiko dengan kejadian DM tipe 2.	200 responden, terdiri dari 100 pasien diabetes melitus tipe 2 dan 100 pasien non-diabetes, yang tercatat dalam rekam medis Puskesmas Pampang selama 6 bulan terakhir tahun 2023.	Faktor risiko yang berhubungan signifikan dengan kejadian DM tipe 2 meliputi obesitas, hipertensi, usia, dan riwayat keluarga DM. Sementara itu, jenis kelamin dan kebiasaan merokok tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan kejadian DM tipe 2.
2	Jati, R. A., Muchtar, F., & Salsabila, S. (2023) https://koloni.or.id/index.php/koloni/article/view/502	Faktor Risiko Aktivitas Fisik pada Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2 di Wilayah Kerja Puskesmas Kemaraya Kota Kendari Tahun 2023. <i>KOLONI: Jurnal Multidisiplin Ilmu</i>	Penelitian observasional analitik dengan desain <i>case control</i> . Analisis data menggunakan uji <i>chi-square</i> untuk melihat hubungan aktivitas fisik dengan kejadian DM tipe 2 serta perhitungan <i>Odds Ratio</i> (OR) dan <i>Confidence Interval</i> (CI) 95%.	90 responden yang terdiri dari 45 kasus (DM tipe 2) dan 45 kontrol (non-DM), teknik simple random sampling dari pasien Puskesmas Kemaraya Kota Kendari.	Aktivitas fisik berhubungan signifikan dengan kejadian DM tipe 2. Responden dengan aktivitas fisik ringan memiliki risiko 7,429 kali lebih besar mengalami DM tipe 2 dibandingkan dengan responden yang melakukan aktivitas fisik berat.

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
3	Handari, Rahmasari, & Adhela (2023) https://e-journal.unair.ac.id/AMNT/article/view/34468	Hubungan Diabetes Melitus Tipe 2 dan Kolesterol dengan Skor Kalsium pada Pasien Hipertensi dengan Status Gizi Obesitas. <i>Amerta Nutrition</i>	Penelitian observasional analitik dengan desain <i>cross-sectional</i> . Analisis menggunakan uji <i>Chi-square</i> dan <i>Mann-Whitney</i> untuk melihat hubungan dan perbedaan antarvariabel.	118 pasien (59 laki-laki dan 59 perempuan) dengan riwayat hipertensi dan status gizi obesitas (IMT ≥ 25 kg/m ²) di RS Siloam Hospital Surabaya periode 2018–2021.	Tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara DM tipe 2 dengan kolesterol maupun DM tipe 2 dengan skor kalsium. Terdapat perbedaan signifikan riwayat kolesterol berdasarkan jenis kelamin. Sebagian besar pasien dengan DM tipe 2 memiliki skor kalsium bermakna, menunjukkan peningkatan risiko kardiovaskular pada pasien hipertensi disertai obesitas.
4	Uta Provinsiana Sukmara (2025) https://jmedika.com/index.php/medika/article/view/208	Meningkatkan Kesadaran Pencegahan Penyakit Tidak Menular pada Hipertensi dan Diabetes Melitus melalui Edukasi di Masyarakat. <i>Jurnal Medika: Medika</i>	Kegiatan pengabdian masyarakat dengan pendekatan edukasi promotif dan skrining kesehatan. Metode meliputi: persiapan & koordinasi, konseling kesehatan (presentasi dan diskusi interaktif), skrining tekanan darah dan gula darah, tanya jawab, evaluasi melalui observasi partisipasi dan peningkatan pengetahuan.	45 warga (dewasa dan lansia) di Desa Kaliwanglu Kulon, Sleman, Yogyakarta	Skrining menunjukkan sebagian peserta mengalami hipertensi, kadar gula darah tinggi, serta kombinasi keduanya. Edukasi yang diberikan meningkatkan pemahaman peserta mengenai perbedaan hipertensi dan hipotensi, termasuk gejala, faktor risiko, dan pencegahannya. Edukasi berbasis masyarakat efektif dalam meningkatkan literasi kesehatan dan kesadaran deteksi dini.

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
5	Ramadhani, N.F., Siregar, K.N., Adrian, V., Sari, I.R., & Hikmahrachim, H.G. (2022). https://scholarhub.ui.ac.id/bikfokes/vol2/iss2/1/	Hubungan Aktivitas Fisik dengan Diabetes Melitus Pada Wanita Usia 20-25 di DKI Jakarta (Analisis Data Posbindu PTM 2019) <i>Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan</i>	Desain cross-sectional menggunakan data sekunder Posbindu PTM DKI Jakarta tahun 2019. Analisis meliputi univariat (deskriptif), bivariat chi-square (CI 95%), dan multivariat regresi logistik untuk menghitung Adjusted Odds Ratio (AOR)	1.479 wanita usia 20–25 tahun yang berkunjung ke Posbindu DKI Jakarta tahun 2019	Aktivitas fisik yang kurang berhubungan signifikan dengan kejadian DM, bahkan setelah dikontrol oleh obesitas dan konsumsi buah serta sayur. Obesitas dan rendahnya konsumsi buah serta sayur juga memiliki hubungan signifikan dengan kejadian DM.

Hasil sintesa penelitian menunjukkan bahwa kejadian diabetes melitus tipe 2 dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko, baik yang bersifat biologis maupun perilaku. Obesitas, hipertensi, usia, dan riwayat keluarga terbukti berhubungan signifikan dengan kejadian DM tipe 2. Selain itu, rendahnya aktivitas fisik secara konsisten ditemukan sebagai faktor yang meningkatkan risiko DM tipe 2. Pola konsumsi yang kurang sehat, seperti rendahnya konsumsi buah dan sayur, juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko. Di sisi lain, beberapa penelitian menunjukkan bahwa tidak semua faktor memiliki hubungan yang signifikan, seperti jenis kelamin, kebiasaan merokok, kadar kolesterol, maupun skor kalsium. Namun, pada pasien dengan kondisi komorbid seperti hipertensi dan obesitas, risiko kardiovaskular tetap meningkat. Selain faktor risiko, intervensi berbasis masyarakat melalui edukasi dan skrining kesehatan terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan, literasi kesehatan, serta kesadaran deteksi dini terhadap penyakit tidak menular, termasuk diabetes melitus dan hipertensi.

1.2.2 Tinjauan Umum tentang Biji Alpukat

Alpukat, yang juga dikenal sebagai *alligator pear* atau *avocado pear* (*Persea americana*), adalah pohon hijau abadi dari keluarga laurel (*Lauraceae*). Tanaman alpukat berasal dari Amerika Tengah dan mulai masuk ke Indonesia pada abad ke-18. Alpukat dapat tumbuh dengan baik di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia, serta memiliki beragam varietas yang tersebar di berbagai daerah (Putra et al., 2023).



Gambar 2. 1 Tanaman Alpukat

Sumber: Google

Tanaman alpukat memiliki taksonomi sebagai berikut (Hartati et al., 2022):

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (Berkeping dua/dikotil)
Sub kelas	: <i>Magnoliidae</i>
Ordo	: <i>Lurales</i>
Famili	: <i>Lauraceae</i>
Genus	: <i>Persea</i>
Spesies	: <i>Persea americana mill</i>

Buah alpukat (*Persea americana* Mill.) dikenal sebagai buah yang kaya akan zat gizi makro maupun mikro yang bermanfaat bagi kesehatan. Secara makronutrien, alpukat mengandung lemak dalam jumlah relatif tinggi dibandingkan buah lain, dengan dominasi lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fats*) yang berperan dalam kesehatan kardiovaskular dan metabolik. Selain lemak sehat, alpukat juga mengandung karbohidrat, protein, dan serat yang bermanfaat dalam pengaturan kadar glukosa darah dan pencernaan. Alpukat juga menyediakan serat pangan yang membantu memperlambat kenaikan glukosa darah setelah makan, serta berbagai vitamin dan mineral penting seperti vitamin A, vitamin C, vitamin E, kalium, dan folat yang mendukung fungsi metabolik tubuh (Nascimento et al., 2025). Adapun kandungan zat gizi per 100 gram alpukat dengan berat dapat dimakan (BDD) sebesar 61% adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 3 Kandungan Zat Gizi Alpukat per 100 gram

Zat Gizi	Jumlah	Satuan
Energi	85	kcal
Protein	0.9	gram
Lemak	6.5	gram
Karbohidrat	7.7	gram
Kalium	278	mg
Kalsium	10	mg
Vitamin C	13	mg

Sumber: Kemenkes, 2020

Selain daging buahnya, alpukat juga memiliki bagian lain yang berpotensi untuk dimanfaatkan, yaitu biji alpukat. Selama ini, biji alpukat umumnya dianggap sebagai limbah hasil konsumsi buah, padahal biji alpukat mengandung berbagai komponen gizi dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Biji alpukat juga memiliki efek hipoglikemik, efek antidiabetes yang mampu menurunkan kadar glukosa darah. Biji alpukat juga mengandung lebih dari 90% kandungan *phenolic* yang berfungsi sebagai antioksidan (Hayati et al., 2024).

Biji alpukat juga memiliki kandungan senyawa fenolik yang sangat tinggi, yaitu sekitar 95,93%. Adapun kandungan gizi biji alpukat per 100 gram tersaji pada tabel berikut:

Tabel 1. 4 Kandungan Zat Gizi Biji Alpukat per 100 gram

Zat Gizi	Jumlah	Satuan
Protein	17.94	gram
Lemak	16.54	gram
Karbohidrat	48.11	gram
Serat	3.10	gram
Magnesium	26.16	mg
Kalsium	14.15	mg
Zat Besi	0.31	mg
Flavonoid	1.90	mg
Fenolik	6.14	mg
Tanin	0.24	Mg

Sumber: Arukwe et al., 2012

Pemanfaatan biji alpukat perlu dilakukan agar limbah yang sebelumnya terbuang dapat memberikan nilai tambah dan manfaat. Di berbagai negara, termasuk Indonesia, pemanfaatan alpukat umumnya masih terbatas pada bagian daging buah, sehingga bijinya sering kali tidak dimanfaatkan dan menjadi limbah. Diperkirakan sekitar 148.000 ton biji alpukat dihasilkan setiap tahunnya sebagai produk samping yang terbuang. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah biji alpukat ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan, karena berpotensi menjadi media berkembangnya vektor hama seperti serangga dan hewan pengerat (Barbosa-Martin et al., 2016). Biji alpukat juga merupakan sumber alami yang baik untuk sektor makanan karena biji alpukat tidak mengandung senyawa berbahaya maupun beracun (Bangar et al., 2022).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengolah biji alpukat menjadi tepung, sehingga lebih mudah dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan. Biji alpukat diketahui memiliki kandungan pati yang cukup tinggi, yaitu sekitar 23% dengan kadar pati total mencapai 80,1% yang menunjukkan potensinya sebagai pangan fungsional dalam bentuk tepung. Kandungan protein dan energi metabolis pada tepung biji alpukat dilaporkan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman jagung, yakni masing-masing sebesar 8,70% dan 3370 kkal per kg (Pasaribu et al., 2022).

Persentase karbohidrat pada tepung biji alpukat hampir setara dengan tepung terigu, yaitu sebesar 73,92%. Komposisi karbohidrat yang relatif tinggi ini menunjukkan bahwa tepung biji alpukat memiliki karakteristik fungsional yang mendekati tepung terigu, sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif bahan baku dalam pengolahan pangan. Dengan karakteristik tersebut, tepung biji alpukat dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian atau seluruh tepung terigu dalam berbagai produk pangan, seperti cookies, *snack bar*, mi, maupun produk olahan lainnya, sekaligus berpotensi meningkatkan nilai gizi dan mendukung diversifikasi bahan pangan lokal (Novitasari et al., 2022). Adapun kandungan gizi tepung biji alpukat per 100 gram tersaji pada tabel berikut:

Tabel 1. 5 Kandungan Zat Gizi Tepung Biji Alpukat per 100 gram

Zat Gizi	Jumlah	Satuan
Energi	406,08	kkal
Protein	7,24	gram
Lemak	3,28	gram
Karbohidrat	74,71	gram
Serat Kasar	7,99	gram
Kalsium	50,55	mg
Zat Besi	8,11	mg

Sumber: Emelike et al., 2020

Pemanfaatan biji alpukat sebagai bahan pangan tidak terlepas dari proses pengolahan yang tepat. Salah satu bentuk pengolahan yang dapat dilakukan adalah mengubah biji alpukat menjadi tepung. Proses pembuatan tepung biji alpukat menjadi tahap penting karena dapat memengaruhi karakteristik fisik, kimia, dan nilai gizi tepung yang dihasilkan. Proses pembuatan tepung biji alpukat dimulai dengan pencucian biji alpukat untuk menghilangkan kotoran, kemudian biji dipotong menjadi ukuran kecil agar memudahkan proses pengolahan. Selanjutnya, biji alpukat diberi perlakuan pendahuluan, seperti perendaman, perebusan, atau steam blanching, yang bertujuan untuk menurunkan kandungan tanin penyebab rasa pahit. Setelah perlakuan tersebut, biji alpukat dikeringkan menggunakan oven hingga kadar airnya berkurang. Biji alpukat kering kemudian digiling hingga halus dan diayak untuk memperoleh tepung dengan ukuran partikel yang seragam. Tepung biji alpukat yang dihasilkan selanjutnya disimpan pada suhu ruang dan dijauhkan dari paparan sinar matahari langsung sebelum dilakukan analisis lebih lanjut (Utari & Rahmayani, 2023).

Tabel 1. 6 Tabel Sintesa tentang Kandungan Zat Gizi Biji Alpukat dan Tepung Biji Alpukat

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
1	Barbosa-Martín, E., Chel-Guerrero, L., González-Mondragón, E., & Betancur-Ancona, D. (2016) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308516301067	Chemical and Technological Properties of Avocado (Persea americana Mill.) Seed Fibrous Residues. <i>Food and Bioproducts Processing</i>	Penelitian eksperimental laboratorium. Residu serat biji alpukat diekstraksi menggunakan dua metode (Metode A: NaHSO ₃ dan Metode B: NaHSO ₃ , NaCl, dan tris-hydroxymethyl-aminomethane). Analisis meliputi komposisi proksimat, serat pangan total, serat larut dan tidak larut, fraksi serat Van Soest (NDF, ADF, ADL), serta sifat teknologi seperti daya ikat air dan minyak. Analisis statistik menggunakan ANOVA.	Biji alpukat (Persea americana Mill.) varietas Hass yang diperoleh dari pasar lokal di Yucatán, Meksiko, kemudian diolah menjadi residu serat melalui dua metode ekstraksi.	Rendemen serat antara kedua metode tidak menunjukkan perbedaan signifikan, tetapi terdapat perbedaan pada kadar abu, air, dan ekstrak bebas nitrogen. Residu yang dihasilkan memiliki kandungan serat pangan total yang tinggi dengan dominasi serat tidak larut. Selain itu, residu memiliki kemampuan menahan air dan minyak yang baik, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan fungsional maupun bahan tambahan dalam sistem pangan industri.
2	Emelike, N. J. T., Ujong, A. E., & Achinewhu, S. C. (2020) https://sl1nk.com/AsianFoodScienceJournal	Proximate Composition, Mineral Bioavailability and Functional Properties of Defatted and Undefined Avocado Pear (Persia Americana)	Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang membandingkan tepung biji alpukat dalam bentuk defatted dan undefatted. Analisis yang dilakukan meliputi uji proksimat menggunakan metode	Sampel penelitian berupa biji alpukat (Persea americana) yang diperoleh dari Bori Market, Rivers State, Nigeria. Biji tersebut diolah menjadi tepung, kemudian sebagian sampel dilakukan proses defatting menggunakan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung biji alpukat defatted memiliki kandungan protein dan abu lebih tinggi serta bioavailabilitas mineral (seperti kalium, kalsium, fosfor, dan zat besi) yang lebih baik dibandingkan tepung undefatted.

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
		Seed Flours <i>Asian Food Science Journal</i>	AOAC, analisis kandungan mineral dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), uji bioavailabilitas mineral secara in vitro menggunakan metode HCl extractability, serta pengujian sifat fungsional seperti bulk density, water absorption capacity, oil absorption capacity, swelling power, solubility, dan least gelation concentration. Data dianalisis menggunakan uji t pada taraf signifikansi 5%	pelarut nheksana untuk membandingkan karakteristiknya dengan tepung yang tidak didefatted.	Sementara itu, tepung undefatted memiliki kandungan lemak, serat kasar, dan energi yang lebih tinggi. Selain itu, proses defatting meningkatkan beberapa sifat fungsional tepung, sehingga berpotensi memperbaiki kualitas gizi dan pemanfaatannya dalam formulasi produk pangan.
3	Hayati et al. (2024) https://www.semanticscholar.org/paper/TEKNOLOGI-PEMBUATAN-TEPUNG-BIJI-ALPUKAT-DAN-SEBAGAI-Hayati-	Teknologi Pembuatan Tepung Biji Alpukat dan Pemanfaatan sebagai Pengganti Tepung Terigu dalam Pembuatan Cookies di Desa Arga Indah.	Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan metode penyuluhan, pelatihan, dan demonstrasi langsung teknologi pembuatan tepung biji alpukat serta pemanfaatannya dalam pembuatan cookies.	Masyarakat tani Desa Arga Indah, Kecamatan Marigi Sakti, Kabupaten Bengkulu Tengah.	Biji alpukat memiliki kandungan pati tinggi dan dapat diolah menjadi tepung. Tepung biji alpukat berpotensi digunakan sebagai pengganti sebagian tepung terigu dalam pembuatan cookies, bersifat bebas gluten, serta dapat mengurangi limbah

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	Kesumawati/98526bcf4503b72c74750d6144b3ba14e8c21b84	<i>Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS</i>	Evaluasi dilakukan secara deskriptif terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan masyarakat.		pertanian, meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat, serta memberikan nilai tambah ekonomi dan lingkungan.
4	I.T. Utari dan I. Rahmayani (2023) https://online-journal.unja.ac.id/bigme/article/download/30794/17314	The Effect of Various Processing Processes on the Characteristics of Avocado Seed Flour (Persea americana Mill) <i>Journal of Bio & Geo Material and Energy (BiGME)</i>	Penelitian eksperimental menggunakan Completely Randomized Design (CRD/RAL) dengan 5 perlakuan. Analisis data menggunakan ANOVA taraf 5% dan 1%, dilanjutkan Duncan's New Multiple Range Test (DnMRT) taraf 5%.	Sampel berupa biji alpukat matang (<i>Persea americana Mill</i>) yang diperoleh dari limbah penjual sop buah dan jus buah di Kota Jambi.	Teknik pengolahan berpengaruh nyata terhadap kadar tanin, aktivitas antioksidan, dan warna tepung biji alpukat, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air.
5	Arukwe et al. (2012). https://www.arpapress.com/files/volumes/vol11issue2/ijrras_11_2_20.pdf	Chemical Composition of Persea americana Leaf, Fruit and Seed. <i>International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences (IJRRAS)</i> .	Penelitian eksperimental laboratorium. Analisis meliputi uji fitokimia kuantitatif, analisis proksimat, dan analisis mineral menggunakan metode standar (AOAC, spektrofotometri serapan atom, dan flame photometer).	Sampel berupa daun, daging buah, dan biji alpukat (<i>Persea americana</i>) yang dikeringkan dan digiling menjadi serbuk sebelum dianalisis.	Biji alpukat mengandung lemak (16,54 g/100 g), protein (17,94 g/100 g), dan karbohidrat (48,11 g/100 g) yang cukup tinggi, serta senyawa bioaktif seperti fenol, saponin, dan flavonoid. Daun alpukat memiliki kandungan serat tertinggi, sedangkan buah mengandung lemak dan energi paling tinggi. Komposisi kimia tersebut

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
					mendukung potensi alpukat, termasuk bijinya, sebagai bahan pangan dan fitomedisin.
6	Hartati <i>et al.</i> (2022). https://jurnal.uns.ac.id/jurnal-semar/article/view/61199	Diversifikasi Tanaman Pekarangan dengan Tanaman Alpukat untuk Meningkatkan Gizi Keluarga <i>Jurnal SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat)</i>	Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan metode penyuluhan, ceramah, dan diskusi mengenai budidaya alpukat dan manfaat gizinya. Evaluasi dilakukan secara deskriptif terhadap peningkatan pengetahuan masyarakat.	6 orang perwakilan tokoh masyarakat Kelurahan Wonokarto, Kecamatan Wonogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah.	Kegiatan penyuluhan meningkatkan pemahaman masyarakat tentang budidaya alpukat dan manfaat buah alpukat dalam meningkatkan gizi keluarga. Alpukat diketahui memiliki kandungan gizi tinggi serta potensi sebagai pangan fungsional dengan efek antioksidan, antidiabetik, dan hipolipidemik.

Hasil sintesa penelitian menunjukkan bahwa biji alpukat (*Persea americana*) memiliki kandungan gizi dan senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional. Biji alpukat mengandung karbohidrat, protein, dan lemak dalam jumlah cukup tinggi, serta senyawa fenol, flavonoid, dan saponin yang berperan sebagai antioksidan. Kandungan serat pangan totalnya juga tinggi dengan dominasi serat tidak larut, serta memiliki kemampuan mengikat air dan minyak yang baik sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri pangan. Selain itu, biji alpukat juga mengandung mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, dan zat besi dengan bioavailabilitas yang dapat ditingkatkan melalui proses pengolahan tertentu.

Biji alpukat juga memiliki kandungan pati tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai substitusi sebagian tepung terigu dalam pembuatan produk seperti cookies, serta bersifat bebas gluten. Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan biji alpukat tidak hanya berpotensi meningkatkan nilai gizi dan fungsi pangan, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomi serta mendukung pengurangan limbah pertanian melalui inovasi pengolahan dan edukasi masyarakat.

1.2.3 Tinjauan Umum tentang Pangan Fungsional

Pangan fungsional merupakan pangan yang tidak hanya berperan dalam memenuhi kebutuhan gizi, tetapi juga memberikan manfaat bagi kesehatan karena mengandung komponen aktif tertentu di luar zat gizinya. Pangan fungsional dikonsumsi sebagai bagian dari pola makan sehari-hari serta tetap memiliki karakteristik sensoris, seperti rasa, aroma, warna, dan tekstur, yang dapat diterima oleh konsumen (Ihsanpuro et al., 2025). Adapun menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 30 Tahun 2021 tentang Persyaratan Penambahan Zat Gizi dan Zat Nongizi dalam Pangan Olahan, pangan fungsional merupakan pangan yang secara alamiah maupun melalui proses mengandung satu atau lebih dari senyawa yang dibuktikan berdasarkan literasi ilmiah yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan (BPOM, 2021).

Pangan fungsional berfungsi membantu menjaga kondisi tubuh agar tetap optimal, memperkuat sistem kekebalan, memperlambat proses penuaan, serta menurunkan risiko berbagai penyakit. Perannya lebih bersifat preventif dibandingkan obat-obatan yang bersifat kuratif, sehingga pangan fungsional dikonsumsi untuk mempertahankan kesehatan sebelum penyakit muncul. Keunggulannya terletak pada bentuk konsumsinya yang tetap berupa makanan biasa, bukan suplemen sintetis, sehingga nilai gizi dan karakter alaminya tetap terjaga. Komponen bioaktif yang umum ditemukan dalam pangan fungsional meliputi serat pangan, antioksidan, vitamin, mineral, peptida, asam amino, gula alkohol, asam lemak tak jenuh, fitokimia, ataupun probiotik. Adanya komponen-komponen tersebut menjadikan pangan fungsional sebagai pilihan yang semakin penting dan relevan dalam mendukung kesehatan masyarakat modern (Khoerunisa, 2020).

Pangan fungsional memberikan manfaat metabolik pada diabetes melitus tipe 2 melalui kandungan komponen bioaktif seperti polifenol, flavonoid, serat pangan, asam lemak tak jenuh, serta prebiotik dan probiotik yang bekerja pada berbagai jalur metabolik. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin, memperbaiki metabolisme glukosa, serta membantu menurunkan kadar glukosa darah dengan menekan stres oksidatif dan inflamasi kronis yang menjadi dasar terjadinya resistensi insulin. Selain itu, modulasi mikrobiota usus oleh serat dan komponen bioaktif turut mendukung perbaikan homeostasis glukosa dan lipid, sehingga berkontribusi terhadap pengendalian gangguan metabolik pada DM2 (Lam et al., 2025). Sejalan dengan itu, pangan fungsional juga berperan dalam pengelolaan DM2 melalui mekanisme yang lebih spesifik pada proses pencernaan dan absorpsi, seperti memperlambat penyerapan glukosa di usus sehingga mencegah lonjakan gula darah setelah makan. Konsumsi secara teratur dikaitkan dengan perbaikan profil metabolik dan kontrol glikemik jangka panjang, sehingga dapat menjadi bagian dari strategi terapi non-farmakologis pada penderita DM tipe 2 (Puspitasari et al., 2022).

Pangan fungsional memengaruhi kadar gula darah melalui modulasi berbagai jalur molekuler yang terlibat dalam patogenesis diabetes melitus tipe

2. Komponen bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan serat pangan bekerja dengan meningkatkan sensitivitas insulin melalui perbaikan jalur sinyal insulin, khususnya pada lintasan IRS–PI3K–Akt yang berperan dalam translokasi GLUT4 ke membran sel. Aktivasi jalur ini meningkatkan pengambilan glukosa oleh jaringan otot dan adiposa sehingga membantu menurunkan kadar glukosa darah. Selain itu, pangan fungsional berperan dalam menekan stres oksidatif dan inflamasi kronis yang menjadi faktor utama terjadinya resistensi insulin. Senyawa antioksidan mampu menghambat aktivasi jalur inflamasi seperti NF- κ B dan mengurangi produksi sitokin proinflamasi, sehingga memperbaiki respons sel terhadap insulin dan mencegah kerusakan sel β pankreas (Golovinskaia & Wang, 2023).

Tabel 1. 7 Tabel Sintesa tentang Definisi Pangan Fungsional dan Hubungannya dengan DMT2

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
1	Marlisa Puspitasari et al. (2022) https://jurnal.poltekkespalembang.ac.id/index.php/jgk/article/view/1270	Pemberian Puding Ubi Ungu dan Tepung Biji Alpukat terhadap Kadar Gula Darah Pasien Rawat Jalan Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. <i>Jurnal Gizi dan Kesehatan (JGK)</i>	Penelitian kuantitatif dengan desain quasi eksperimen pre-test dan post-test. Analisis menggunakan paired sample t-test dan independent sample t-test.	60 pasien DM tipe 2 rawat jalan (30 kelompok perlakuan dan 30 kelompok kontrol)	Pemberian puding ubi ungu dan tepung biji alpukat selama 7 hari menurunkan kadar glukosa darah secara signifikan.
2	Eka Putri et al. (2025) https://journal.uisi.ac.id/ssi/article/view/84	Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat sebagai Sereal Fungsional untuk Mengurangi Resiko Terjadinya Penyakit Kardiovaskular <i>Sustainability and Social Impact</i>	Penelitian eksperimen laboratorium menggunakan metode maserasi dengan variasi pelarut etanol 70% dan aquades. Analisis dilakukan menggunakan uji aktivitas antioksidan metode DPPH, analisis total fenol metode Folin-Ciocalteu, uji kadar alkohol, dan uji hedonik.	Ekstrak biji alpukat dan produk sereal dengan penambahan ekstrak biji alpukat	Sereal dengan tambahan ekstrak etanol 70% memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan ekstrak aquades dan tanpa ekstrak. Produk berpotensi sebagai pangan fungsional untuk membantu mengurangi risiko penyakit kardiovaskular, namun kadar alkohol masih melebihi standar keamanan pangan.

Hasil sintesa penelitian menunjukkan bahwa pemberian pangan fungsional dapat menurunkan kadar glukosa darah secara signifikan dengan berbagai kandungan bioaktif didalamnya.

1.2.4 Tinjauan Umum tentang *Snack Bar*

A. Definisi *Snack Bar*

Berdasarkan PerBPOM Nomor 13 Tahun 2023 tentang Kategori Pangan, makanan ringan berbentuk batang atau *snack bar* adalah makanan ringan yang terbuat dari campuran bahan sumber karbohidrat dan/atau protein, dengan atau tanpa penambahan gula, lemak, dan bahan pangan lain seperti cokelat, buah kering, sereal, dan dibentuk batang (*bar*) (PerBPOM, 2023).

Snack bar merupakan produk pangan siap konsumsi berbentuk batang yang digunakan sebagai makanan selingan dan dikonsumsi di sela-sela aktivitas untuk menunda rasa lapar, terutama pada kondisi aktivitas yang padat atau keterbatasan waktu makan. *Snack bar* dibuat dari campuran berbagai bahan pangan, seperti sereal, kacang-kacangan, biji-bijian, serta bahan lain yang berperan sebagai sumber karbohidrat dan protein, sehingga dirancang untuk memberikan asupan energi dan zat gizi yang cukup dalam porsi yang praktis, mudah dibawa, dan mudah dikonsumsi kapan saja (Siregar et al., 2024).

Selain itu, *snack bar* memiliki berbagai keunggulan, antara lain bentuknya yang padat dan kompak, daya simpan yang relatif lama, serta tidak mudah rusak selama proses penyimpanan maupun distribusi. *snack bar* juga umumnya memiliki kandungan energi dan protein yang cukup tinggi, sehingga dapat membantu memenuhi kebutuhan gizi sebagai makanan selingan. Proses pembuatannya tergolong sederhana dan dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan produksi skala rumah tangga, sehingga mudah dikembangkan oleh masyarakat. Dengan karakteristik tersebut, *snack bar* berpotensi untuk dikembangkan sebagai produk pangan fungsional melalui penambahan bahan-bahan tertentu yang dapat meningkatkan nilai gizi dan memberikan manfaat kesehatan. (Kementerian Pertanian, 2018).

Komponen penyusun dan manfaat kesehatan yang dimiliki *snack bar* menempatkannya sebagai salah satu produk makanan siap saji yang semakin berkembang dan bernilai gizi tinggi. Hal ini tidak terlepas dari penggunaan beragam bahan alami dalam formulasi *snack bar*, seperti buah-buahan, kacang-kacangan, sereal, dan bahan pangan berbasis nabati lainnya yang kaya akan zat gizi dan senyawa bioaktif. Kombinasi bahan-bahan tersebut menjadikan *snack bar* berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional, karena buah, kacang-kacangan, dan sereal merupakan sumber fitokimia bioaktif yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa *snack bar* berbasis bahan nabati dengan kandungan serat dan protein yang tinggi memiliki indeks glikemik yang lebih rendah dibandingkan produk komersial, sehingga berpotensi membantu mengontrol respons glukosa darah serta memberikan rasa kenyang lebih lama. Dengan karakteristik tersebut, *snack bar* tidak hanya berfungsi sebagai makanan selingan praktis, tetapi juga dapat berperan sebagai bagian dari diet fungsional untuk mendukung

pencegahan dan pengelolaan gangguan metabolik, seperti diabetes melitus (Gbolagade et al., 2024).

Adapun syarat mutu *snack bar* mengacu pada SNI 01-4216-1996 mengenai Syarat Mutu Makanan Diet Kontrol Berat Badan adalah sebagai berikut.

Tabel 1. 8 Syarat Mutu Snack bar

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kedaaan		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	-	Normal
2	Protein	g	Maksimal 125, makanan siap hidang harus mengandung energi berasal dari protein minimum 25% dan maksimum 50%. Mutu setara protein telur atau protein susu (protein standar). Jika mutu protein lebih rendah dari mutu protein standar, jumlah protein harus ditingkatkan untuk mengimbangi mutunya. Protein yang mutunya kurang dari 80% mutu protein standar tidak boleh digunakan dalam makanan formula sebagai makanan diet untuk kontrol badan. Asam amino esensial dapat ditambahkan untuk meningkatkan mutu protein dalam jumlah sesuai keperluan. Hanya asam amino bentuk L yang boleh digunakan, kecuali D metionin, dibolehkan.
3	Lemak dan linoleat	%	Energi berasal dari lemak, tidak boleh lebih dari 30%, termasuk tidak kurang dari 3%, berasal dari asam linoleat (dalam bentuk gliserida).
4	Vitamin		
4.1	Vitamin A	µg	600 µg retinol
4.2	Vitamin D	µg	2,5
4.3	Vitamin E	mg	10
4.4	Vitamin C	mg	60
5	Mineral		

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
5.1	Kalsium	mg	500
5.2	Fosfor	mg	500
5.3	Besi	mg	16
5.4	Iodium	µg	140
5.5	Magnesium	mg	350
5.6	Tembaga	mg	1,5
5.7	Seng	mg	15
5.8	Kalium	g	1,6
5.9	Natrium	g	1,0

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1996

B. Bahan Pendukung *Snack Bar*

Komposisi *snack bar* umumnya tersusun atas kombinasi sereal, legum, dan buah-buahan yang disatukan menggunakan bahan pengikat (*binder*). Pemilihan bahan pengikat yang sesuai sangat berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia, mutu sensori, serta nilai fungsional dari *snack bar* yang dihasilkan. Beberapa jenis *binder* yang sering dimanfaatkan dalam pembuatan *snack bar* meliputi tepung maizena, gula, madu, cokelat, maltodekstrin, serta putih telur. Salah satu bahan pengikat yang digunakan adalah putih telur, yang sebagian besar tersusun atas protein dengan sifat elastis sehingga mampu membentuk matriks buih dan berperan efektif sebagai pengikat dalam produk pangan (Mawarno & Lewerissa, 2024). Berikut komposisi bahan yang digunakan untuk pembuatan *snack bar*.

Tabel 1. 9 Informasi Nilai Gizi Bahan Pendukung *Snack Bar* Berbasis Tepung Biji Alpukat per 100 gram Bahan

Bahan	KH (gram)	Protein (gram)	Lemak (gram)	Serat (gram)	Mg (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)
<i>Whole Rolled Oats</i> (Quaker)	67,50	12,50	10,00	10,00	115	7,18	29,30
Margarin ForVita	0,00	0,00	77,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Telur Ayam Susu Skim	0,70	12,40	10,80	0,00	0,00	1,00	3,00
<i>Low Fat</i> (Tropicana Slim)	57,69	26,92	0,00	11,53	100,00	0,00	0,00
Stevia Bubuk (Tropicana Slim)	111,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kismis Tanpa Biji	79,18	3,07	0,46	13,92	32,00	0,22	1,88
Kacang Mete Mentah	30,19	18,22	43,85	3,30	292,00	5,78	6,68

Sumber: TKPI Kemenkes, 2020

1. Tepung Oat (*Rolled Oat*)

Oat (*Avena sativa*) merupakan sereal dari famili *Poaceae* yang dikenal sebagai pangan fungsional karena kandungan serat larutnya yang tinggi, terutama β -glukan. Oat memiliki berbagai

manfaat kesehatan, termasuk dalam pengelolaan diabetes melitus tipe 2. Kandungan β -glukan pada *oat* terbukti dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah, terutama dengan menurunkan kadar glukosa *postprandial*. Mekanisme utama yang mendasari efek ini adalah kemampuan β -glukan dalam meningkatkan viskositas di saluran pencernaan sehingga memperlambat penyerapan makanan, termasuk karbohidrat, di usus (Pallavi et al., 2021).

Pada pembuatan *snack bar*, jenis *oat* yang digunakan adalah *rolled oat*. *Rolled oat* merupakan jenis *oat* yang diproses minimal sehingga memiliki struktur yang lebih utuh dan membuat β -glukan dapat bekerja secara lebih optimal. *Rolled oat* termasuk biji-bijian utuh yang dapat memberikan kontrol glikemik pada penderita diabetes melitus tipe 2, yang ditandai dengan penurunan HbA1c, glukosa darah puasa, dan glukosa *postprandial*, serta peningkatan sensitivitas insulin. Mekanisme utama yang mendasari efek ini adalah peningkatan viskositas saluran pencernaan yang memperlambat penyerapan karbohidrat (Malin et al., 2019).

2. Margarin

Margarin adalah produk lemak pangan yang dibuat dari minyak nabati yang diolah melalui proses seperti emulsifikasi, interesterifikasi, atau hidrogenasi untuk mendapatkan tekstur padat atau *spreadable* yang mirip dengan mentega. Margarin dan margarin rendah lemak terdiri dari fase air yang tersebar sebagai tetesan halus dalam minyak cair yang distabilkan dalam jaringan kristal lemak padat. Di sisi lain, margarin dapat didefinisikan sebagai produk dengan kandungan lemak 10%–90%, tergantung pada peraturan negara tempat produk tersebut dipasarkan (Silva et al., 2021).

Pada pembuatan *snack bar*, jenis margarin yang dipakai adalah margarin bebas lemak trans karena asam lemak trans (TFA) yang diproduksi secara industri telah terbukti berkaitan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, sehingga *World Health Organization* (WHO) dan berbagai regulasi di sejumlah negara merekomendasikan serta menerapkan pelarangan atau pengurangan bertahap penggunaan lemak terhidrogenasi sebagian (Silva et al., 2021).

Berdasarkan studi intervensi oleh Guggisberg et al. (2022), jenis lemak yang paling menguntungkan untuk pencegahan diabetes tipe 2 adalah margarin tanpa kandungan asam lemak trans, karena asam lemak trans berkaitan dengan peningkatan risiko diabetes tipe 2 serta inflamasi. Selain itu, margarin memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang lebih tinggi dibandingkan mentega yang kaya akan lemak jenuh, sehingga memberikan profil metabolik yang lebih baik meskipun tidak menunjukkan perbedaan langsung pada kadar glukosa darah (Guggisberg et al., 2022).

3. Telur Ayam

Telur merupakan bahan pangan hewani yang mengandung protein berkualitas tinggi dan juga mengandung semua asam amino (AA) esensial yang dibutuhkan untuk perkembangan otot dan fungsi tubuh (Fanelli et al., 2024). Telur mengandung karbohidrat yang sangat rendah sehingga tidak menimbulkan lonjakan gula darah yang tajam setelah dikonsumsi. Protein dalam telur memberikan efek kenyang yang lebih lama dan membantu menstabilkan respons glikemik karena memperlambat penyerapan glukosa dari saluran cerna (Dhanasekara et al., 2021).

Putih telur yang merupakan bagian dari telur juga digunakan sebagai pengikat (*binder*) rendah gula pada pembuatan *snack bar* karena putih telur memberikan hasil terbaik dalam hal tekstur dan daya lekat karena kandungan proteinnya yang tinggi dan sifat koagulasinya saat pemanasan, sehingga membentuk struktur matriks yang padat dan stabil sehingga menghasilkan produk yang lebih padat dan kompak jika dibandingkan dengan penggunaan *binder* rendah gula lain seperti *dark* cokelat dan aren (Suratmin et al., 2026).

4. Susu Skim

Susu skim merupakan produk olahan susu yang telah mengalami proses penghilangan sebagian besar kandungan lemaknya, sehingga menghasilkan susu dengan kadar lemak sangat rendah. Meskipun kandungan lemaknya berkurang, susu skim tetap mempertahankan sebagian besar komponen gizi penting seperti protein berkualitas tinggi dan kandungan kolesterol yang tetap rendah (Wang et al., 2024). Protein dalam susu skim, yang terdiri dari kasein dan *whey*, memiliki nilai biologis tinggi karena mengandung asam amino esensial yang lengkap serta mudah dicerna oleh tubuh (Kielczewska et al., 2022).

Susu skim digunakan dalam pembuatan *snack bar* karena kandungan protein susu memiliki banyak sifat fungsional yang berperan penting dalam membentuk tekstur produk makanan. Protein susu, terutama kasein dan *whey*, memiliki kemampuan emulsifikasi, viskositas, serta pengikatan air yang menjadikannya banyak digunakan dalam industri pangan untuk memperbaiki kualitas tekstur produk. Protein susu juga berfungsi sebagai emulsifier yang membantu menstabilkan emulsi lemak dan air sehingga tekstur produk menjadi lebih homogen dan stabil (Nayik et al., 2024).

5. Stevia Bubuk

Stevia merupakan pemanis alami rendah kalori yang berasal dari tanaman *Stevia rebaudiana* dan termasuk dalam famili Asteraceae. Tanaman ini berasal dari wilayah Paraguay utara dan daerah perbatasan Brasil. Daun stevia telah digunakan sejak zaman

pra-Kolombia oleh suku Indian Guaraní sebagai pemanis alami pada makanan dan minuman. Saat ini, stevia banyak dimanfaatkan sebagai pengganti sukrosa dalam berbagai produk pangan dan minuman karena memiliki tingkat kemanisan tinggi dengan kandungan kalori yang rendah. Penggunaan stevia sebagai pemanis alami juga memberikan nilai tambah bagi kesehatan karena dapat membantu mengurangi asupan kalori serta berasal dari bahan alami, berbeda dengan pemanis sintetis seperti aspartam, sakarin, asesulfam-K, dan sukralosa yang diperoleh melalui proses sintesis kimia (Schiatti-Sisó et al., 2022).

Stevia digunakan dalam pembuatan *snack bar* karena senyawa steviosida dalam stevia berperan dalam meningkatkan pelepasan insulin dari sel beta pankreas serta memperbaiki respons insulin fase pertama, sehingga membantu menurunkan kadar glukosa darah. Selain itu, stevia juga dapat menurunkan kadar glukagon yang berperan dalam peningkatan produksi glukosa darah. Penggunaan stevia sebagai pengganti gula dapat membantu menstabilkan kadar glukosa darah serta mengurangi asupan kalori harian, yang berkontribusi terhadap pengendalian berat badan dan penurunan risiko diabetes melitus tipe 2 (Koser & Jaffer, 2022).

6. Kismis

Kismis merupakan produk hasil pengeringan buah anggur yang memiliki tekstur lembut, rasa manis, dan lapisan lilin pada permukaan kutikularnya. Kismis dapat dikonsumsi secara langsung sebagai buah kering yang memiliki cita rasa manis dan khas. Selain itu, kismis juga sering dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam berbagai produk pangan seperti kue, sereal sarapan, dan makanan ringan (Billy et al., 2023).

Terlepas dari kesalahpahaman bahwa kismis berbahaya karena kandungan gulanya yang tinggi, kismis tetap direkomendasikan sebagai camilan bergizi dengan indeks glikemik rendah, yang dipengaruhi oleh kandungan asam tartarat dan komposisi gula di dalamnya. Selain itu, konsumsi kismis diketahui dapat meningkatkan kualitas pola makan dan membantu pengendalian nafsu makan. Mengonsumsi kismis juga memiliki dampak signifikan terhadap penurunan risiko terjadinya diabetes. Perbedaan utama antara anggur segar dan kismis terletak pada kadar airnya akibat proses pengeringan, sedangkan kandungan nutrisi esensialnya secara umum tidak banyak berubah, sehingga kismis tetap mempertahankan nilai gizinya sebagai bagian dari pola makan sehat (Abo-Atya et al., 2025).

7. Kacang Mete

Kacang mete (*Anacardium occidentale*) merupakan salah satu hasil perkebunan yang berasal dari tanaman jambu monyet. Bagian yang biasa dikonsumsi adalah buah sejatinya, yaitu biji yang

berukuran kecil dan bercangkang keras yang dikenal sebagai kacang mete. Meskipun sering dianggap sebagai buah, secara botani bagian yang dimakan sebenarnya adalah bijinya. Kacang mete cukup populer karena rasanya yang khas dan kandungan gizinya yang beragam. Secara komposisi, kacang mete mengandung berbagai zat gizi, termasuk protein yang tersusun atas asam amino. Beberapa asam amino yang cukup dominan adalah asam aspartat dan asam glutamat. Kedua asam amino ini berperan dalam memberikan rasa gurih atau umami pada makanan. Dalam pengolahannya, kacang mete umumnya dikonsumsi setelah melalui proses seperti digoreng atau dipanggang. Selain dijadikan camilan, kacang mete juga banyak digunakan sebagai bahan tambahan dalam berbagai produk pangan, seperti es krim, cokelat, kue, dan makanan olahan lainnya (Jumrah, 2023).

Konsumsi kacang mete sebagai bagian dari pola makan sehat dapat berperan dalam upaya pencegahan diabetes melitus tipe 2 (DMT2). Berdasarkan hasil penelitian, pemberian kacang mete tidak menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah puasa yang bermakna, sehingga menunjukkan bahwa pangan ini tidak memicu lonjakan gula darah yang signifikan. Selain itu, konsumsi kacang mete juga dikaitkan dengan perbaikan parameter metabolik yang berhubungan dengan resistensi insulin, yang merupakan salah satu faktor utama dalam perkembangan DMT2. Peran tersebut didukung oleh komposisi zat gizi kacang mete, terutama kandungan lemak tak jenuh (MUFA dan PUFA), protein, serta mineral seperti magnesium. Lemak tak jenuh diketahui dapat membantu meningkatkan sensitivitas insulin dan memperbaiki profil metabolik, sehingga tubuh lebih efektif dalam mengatur kadar glukosa darah. Sementara itu, magnesium berperan dalam proses kerja insulin dan metabolisme glukosa (Damavandi et al., 2019).

Tabel 1. 10 Tabel Sintesa tentang Definisi dan Kandungan Gizi Bahan *Snack Bar*

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
1	Mawarno, B. A. S. & Lewerissa, K. B. (2024) https://journal.ipb.ac.id/jtip/article/download/51463/29670	Potensi Pangan Fungsional <i>Snack Bar</i> Berbasis Sorgum dengan Perbedaan Binder.	Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 3 kali ulangan sampel dan 3 kali ulangan analisis. Analisis statistik menggunakan One Way ANOVA dengan uji Duncan pada $\alpha=5\%$ dan uji non parametrik Kruskal-Wallis untuk data sensori.	<i>Snack bar</i> berbasis sorgum dengan tiga jenis binder, yaitu putih telur, dark cokelat, dan gula aren.	Penggunaan <i>binder</i> memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik fisikokimia dan sensori <i>snack bar</i> . <i>Snack bar</i> dengan binder putih telur menghasilkan nilai hardness tertinggi, tekstur lebih kompak, tidak rapuh, serta memiliki tingkat penerimaan panelis terbaik pada parameter rasa, tekstur, dan daya terima keseluruhan.
2	Steven K. Malin dkk. (2019) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30763457/	A Whole-Grain Diet Increases Glucose-Stimulated Insulin Secretion Independent of Gut Hormones in Adults at Risk for Type 2 Diabetes. <i>Molecular Nutrition & Food Research</i>	Penelitian menggunakan desain <i>double-blind crossover randomized controlled trial</i> . Analisis meliputi OGTT (<i>Oral Glucose Tolerance Test</i>), ANOVA, ANCOVA, <i>paired t-test</i> , <i>linear mixed-effects</i> , dan <i>Pearson correlation</i> .	13 orang dewasa prediabetes yang sedentari, usia rata-rata 37,2 tahun dengan BMI 33,6 kg/m ² . Responden diberikan diet whole grain dan refined grain masing-masing selama 8 minggu dengan masa washout 8–10 minggu.	Diet <i>whole grain</i> meningkatkan total <i>glucose-stimulated insulin secretion</i> (GSIS) dan fungsi sel β pankreas pada orang dewasa berisiko diabetes tipe 2.
3	Gbolagade <i>et al.</i> (2024). https://link.springer.com/article/10.10	Quality assessment and in-vivo glycemic indices of snack bar from blends of plantain	Penelitian eksperimental dengan pengembangan produk snack bar berbasis bahan nabati. Analisis meliputi uji	Snack bar hasil formulasi campuran tepung pisang raja muda (plantain), tepung bungkil kedelai, dedak oat, dan dedak	Snack bar hasil formulasi memiliki kandungan protein dan serat yang lebih tinggi serta indeks glikemik dan beban glikemik yang lebih

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	07/s44187-024-00200-w?utm_source=chatgpt.com	flour, soy meal and oat bran. <i>Discover Food</i>	proksimat (air, abu, protein, lemak, serat, karbohidrat), sifat fisik, uji sensori, serta pengukuran indeks glikemik dan beban glikemik secara <i>in vivo</i> pada subjek manusia sehat menggunakan metode area di bawah kurva (IAUC). Analisis statistik dilakukan dengan ANOVA.	padi (PSO dan PSRO), serta snack bar komersial sebagai kontrol. Subjek <i>in vivo</i> terdiri dari 50 orang dewasa sehat non-diabetes.	rendah dibandingkan snack bar komersial. Nilai indeks glikemik snack bar berada pada kategori rendah (37,66–38,82), sehingga berpotensi digunakan sebagai pangan fungsional untuk membantu mengontrol kadar glukosa darah. Snack bar juga menunjukkan tingkat penerimaan sensori yang baik dan tidak berbeda signifikan dengan produk komersial.
4	Siregar, P.D.A., Sulandari, L., Bahar, A., & Dewi, I.H.P. (2024) https://journal.aksi-bukartini.ac.id/index.php/Garina/article/download/121/144	Kualitas Sensori Snack Bar dengan Perbedaan Proporsi Serundeng dan Pindang Ikan Tongkol (<i>Euthynnus affinis</i>). <i>Garina, Vol.16 No.2 (2024)</i>	Penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Rancangan menggunakan variasi proporsi kelapa parut dan pindang ikan tongkol (70:30, 60:40, 50:50). Analisis mutu sensori (bentuk, warna, aroma, tekstur, rasa) dilakukan melalui uji hedonik. Data dianalisis menggunakan ANOVA satu arah dan uji lanjut Duncan dengan bantuan SPSS.	Snack bar berbahan kelapa parut dan pindang ikan tongkol yang diuji pada panelis terlatih dan semi-terlatih.	Proporsi terbaik diperoleh pada perbandingan 50:50, dengan karakteristik bentuk persegi panjang, warna coklat kekuningan, aroma dan rasa khas kelapa parut serta pindang ikan tongkol, dan tekstur renyah. Analisis proksimat menunjukkan kandungan gizi per 100 g berupa protein 17,15%, lemak 3,14%, karbohidrat 64,72%, serat kasar 2,42%, dan energi 284,10 kkal, sehingga snack bar berpotensi sebagai

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
					makanan selingan bernilai gizi tinggi.
5	Guggisberg dkk. (2022) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35982449/	Associations between trans fatty acid levels and lipids in health <i>Lipids in Health and Disease</i>	Penelitian observasional dengan pendekatan metabolomik dan analisis statistik menggunakan <i>univariate analysis</i> , <i>OPLS statistical analyses</i> , <i>correlation matrix</i> , serta <i>gene set enrichment analysis</i> berbasis <i>software R</i> .	Sampel berupa data metabolomik dan profil asam lemak manusia yang dianalisis dalam studi nutrisi dan kesehatan lipid.	Kadar trans fatty acids berkaitan dengan perubahan profil lipid dan metabolit tertentu yang berhubungan dengan risiko penyakit metabolik dan kardiovaskular. Analisis metabolomik membantu mengidentifikasi hubungan diet dan kesehatan secara lebih komprehensif.
6	Fanelli, N. S., Juliana, C. F. R., Martins, & Stein, H. H. (2024) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39703894/	The Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) in Eggs And Egg-Containing Breakfast Meals is Greater Than in Toast Breads or Hash Browns Served Without Eggs <i>Journal of Nutritional Science</i>	Penelitian eksperimen menggunakan desain 9×6 <i>Youden square design</i> . Metode analisis meliputi pengukuran AID (<i>Apparent Ileal Digestibility</i>), SID (<i>Standardized Ileal Digestibility</i>), dan DIAAS (<i>Digestible Indispensable Amino Acid Score</i>) menggunakan prosedur statistik <i>MIXED procedure SAS</i> , uji normalitas, homogenitas varians, dan <i>paired t-test</i> .	9 ekor babi betina prepubertal (<i>gilts</i>) yang dipasang kanula ileum, dengan berat awal rata-rata $51,1 \pm 6,0$ kg.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa telur matang (goreng, rebus, orak-arik) memiliki nilai DIAAS lebih tinggi dibandingkan roti dan hash brown. Semua jenis telur matang tergolong sumber protein "excellent". Kombinasi telur dengan bahan pangan nabati meningkatkan kualitas protein makanan, dan nilai DIAAS pada makanan campuran dapat diprediksi dari bahan penyusunnya.

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
7	Dhanasekara, C. S., Dawson J. A., Binks, et al. (2021) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34753900/	Egg and saturated fat containing breakfasts have no acute effect on acute glycemic control in healthy adults: a randomized partial crossover trial <i>Nutrition & Diabetes</i>	Penelitian menggunakan desain <i>randomized partial crossover clinical trial</i> . Analisis statistik menggunakan <i>mixed-effects model</i> dengan <i>software R</i> serta imputasi data menggunakan metode <i>multiple imputations</i> .	Sampel terdiri dari 48 subjek sehat (46% laki-laki), usia rata-rata $25,8 \pm 7,7$ tahun dengan BMI rata-rata $25,7 \pm 4,6$ kg/m ² .	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi sarapan yang mengandung telur, lemak jenuh, maupun kombinasi keduanya tidak memberikan pengaruh akut yang signifikan terhadap kontrol glikemik pada orang dewasa sehat. Tidak terdapat perbedaan bermakna pada AUC glukosa maupun insulin dibandingkan sarapan kontrol.
8	Suratmin, H. A. W., Ariyana, M. D., & Amaro, M. (2026) https://jurnal.unram.ac.id/index.php/edufood/id/article/view/8712/4924	Karakteristik Snack Bar Berbasis Tepung Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i>) dan Puff Sorgum dengan Penambahan Putih Telur sebagai Bahan Pengikat <i>EduFood</i>	Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri atas lima perlakuan proporsi putih telur. Metode analisis menggunakan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) pada taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menggunakan <i>software Costat</i> .	Sampel penelitian berupa 20 unit percobaan snack bar berbasis tepung sorgum dan puff sorgum dengan variasi proporsi putih telur sebagai bahan pengikat.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan putih telur berpengaruh nyata terhadap kadar protein dan tekstur fisik maupun hedonik snack bar, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar serat, warna, aroma, dan rasa.
9	Kielczewska, K.,	Protein	Desain penelitian	Susu skim yang diperkaya	Penambahan preparat

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	Dąbrowska, A., Bielecka, M. M., Dec, B., Baranowska, M., Ziajka, J., Zhennai, Y., & Żulewska, J. (2022) https://www.mdpi.com/2304-8158/11/13/1817	Preparations as Ingredients for the Enrichment of Non-Fermented Milks <i>Foods</i>	eksperimental laboratorium dengan membandingkan susu non-fermentasi yang diperkaya berbagai preparat protein susu (casein concentrate, whey protein isolate/concentrate, serum protein concentrate). Metode analisis meliputi pengukuran pH, viskositas, stabilitas panas, profil asam amino, kandungan mineral (kalsium dan fosfor), warna, dan uji sensoris. Eksperimen dilakukan secara duplo.	skim milk powder (kontrol) dan preparat protein susu komersial maupun hasil filtrasi membran laboratorium: CN75, CN85, WPI, WPC, dan SPC.	protein meningkatkan pH, viskositas, dan stabilitas panas susu non-fermentasi. Susu dengan whey protein memiliki kandungan valin dan isoleusin lebih tinggi. Penambahan <i>casein</i> atau <i>whey protein concentrate</i> meningkatkan kandungan kalsium. Produk dengan <i>whey protein isolate</i> dan <i>serum protein concentrate</i> memperoleh skor sensoris tertinggi.
10	Abo-Atya, D. M., Ghareeb, D. A., Aldahmash, B., Khalifa, S. A. M., El-Seedi, H. R., Hawky, E., & Ghallab, D. S. (2025) https://www.researchgate.net/public	Metabolomic and Chemometric Profiling of Crimson Grapes During Drying and Its Impact on Antidiabetic Activity <i>npj Science of Food</i>	Penelitian eksperimental laboratorium menggunakan pendekatan metabolomik dan kemometrik. Analisis dilakukan dengan UPLC–QTOF-MS/MS, PCA, OPLS-DA, HCA, GNPS <i>molecular networking</i> , serta uji	Sampel berupa anggur <i>Crimson Seedless</i> segar (VIV1), anggur yang dikeringkan selama 5 hari (VIV2), 10 hari (VIV3), 15 hari (VIV4), dan kismis setelah 20 hari pengeringan (VIV5).	Ditemukan 50 metabolit dari berbagai kelas senyawa seperti flavonoid, antosianin, stilben, asam fenolat, dan lipid. Anggur segar menunjukkan aktivitas antidiabetes terbaik, lebih baik dibandingkan acarbose. Proses pengeringan menurunkan aktivitas

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	ation/393925749_Metabolomic_and_chemometric_profiling_of_crimson_grapes_during_drying_and_its_impact_on_antidiabetic_activity		inhibisi α -amylase dan α -glucosidase secara <i>in vitro</i> .		antidiabetes. Senyawa utama yang diduga berkontribusi terhadap aktivitas antidiabetes ialah quercetin-3-O-glucuronide, dihydrokaempferol glucoside, cyanidin-3-O-glucoside, protocatechuic acid glucoside, ergosterol, dan bilobalide.
11	Darvish Damavandi, R., Mousavi, S. N., Shidfar, F., Mohammadi, V., Rajab, A., Hosseini, S., & Heshmati, J. (2019) https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6408729/	Effects of Daily Consumption of Cashews on Oxidative Stress and Atherogenic Indices in Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized, Controlled-Feeding Trial <i>International Journal of Endocrinology and Metabolism</i>	Penelitian eksperimental dengan desain <i>randomized controlled-feeding trial</i> selama 8 minggu. Analisis statistik menggunakan SPSS versi 15, uji Kolmogorov–Smirnov, <i>independent t-test</i> , <i>paired sample t-test</i> , dan ANCOVA.	Sebanyak 50 pasien diabetes melitus tipe 2 usia 30–75 tahun dibagi menjadi kelompok kontrol (n=25) dan kelompok intervensi kacang mete/cashew (n=25). Sebanyak 43 responden menyelesaikan penelitian.	Konsumsi kacang mete sebanyak 10% dari total kalori harian selama 8 minggu menurunkan kadar insulin serum dan rasio LDL-C/HDL-C pada pasien diabetes tipe 2. Tidak terdapat perubahan signifikan pada berat badan, BMI, waist circumference, hs-CRP, TAC, dan aktivitas PON-1.

Hasil sintesa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan pangan fungsional, khususnya *snack bar* berbasis sereal, kacang-kacangan, dan sumber protein alami, memiliki potensi dalam mendukung pengendalian glukosa darah, peningkatan kualitas gizi, serta pencegahan penyakit metabolik. Berbagai penelitian melaporkan bahwa penggunaan bahan seperti sorgum, oat, kedelai,

telur, kacang mete, dan anggur kaya senyawa bioaktif dapat meningkatkan kandungan protein, serat, aktivitas antioksidan, dan kualitas sensori produk pangan.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pangan berbasis whole grain dan kacang-kacangan mampu memberikan efek positif terhadap kontrol metabolik. Diet *whole grain* dilaporkan meningkatkan fungsi sel β pankreas dan *glucose-stimulated insulin secretion* (GSIS), sedangkan konsumsi kacang mete menurunkan kadar insulin serum dan rasio LDL-C/HDL-C pada pasien diabetes melitus tipe 2. Selain itu, *snack bar* berbahan plantain, kedelai, dan oat bran memiliki indeks glikemik rendah sehingga berpotensi membantu mengontrol kadar glukosa darah.

Sintesa penelitian lain menunjukkan bahwa pemanfaatan protein telur dan protein susu dapat meningkatkan kualitas protein pangan. Telur memiliki nilai DIAAS tinggi dan dikategorikan sebagai sumber protein “*excellent*”, sementara penambahan preparat protein susu meningkatkan stabilitas panas, viskositas, kandungan mineral, dan mutu sensoris susu non-fermentasi. Penambahan putih telur sebagai binder pada *snack bar* sorgum juga meningkatkan kadar protein dan memperbaiki tekstur produk.

Secara keseluruhan, hasil sintesa menunjukkan bahwa inovasi pangan fungsional berbasis bahan lokal dan sumber protein alami berpotensi dikembangkan sebagai alternatif makanan sehat dengan karakteristik sensori yang baik, kandungan gizi tinggi, serta manfaat terhadap kesehatan metabolik, khususnya dalam pencegahan diabetes melitus tipe 2.

1.2.5 Tinjauan Umum tentang Zat Gizi Makro

A. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi utama tubuh manusia yang menyediakan 4 kalori energi per gramnya. Karbohidrat juga berperan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan, seperti rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Sedangkan di dalam tubuh, karbohidrat bermanfaat mencegah berkembangnya keadaan ketosis dan berguna dalam mendukung metabolisme lemak dan protein (Fitri & Fitriana, 2020).

Konsumsi karbohidrat yang berlebihan, terutama karbohidrat sederhana dan berindeks glikemik tinggi, menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah secara cepat dan berulang, di mana kualitas karbohidrat sangat memengaruhi besarnya lonjakan glukosa setelah makan (Widyasari et al., 2022). Peningkatan glukosa darah postprandial yang terjadi secara berulang ini akan memicu pankreas untuk mensekresikan insulin secara terus-menerus, sehingga terjadi paparan insulin kronis yang pada akhirnya menurunkan sensitivitas jaringan terhadap insulin dan memperburuk resistensi insulin. Secara patofisiologis, kondisi resistensi insulin ditandai dengan terganggunya pengambilan glukosa oleh jaringan perifer, sehingga glukosa tetap berada dalam sirkulasi darah dan menyebabkan hiperglikemia yang menetap. Kelebihan glukosa akibat konsumsi karbohidrat berlebih selanjutnya berperan dalam terjadinya toksisitas glukosa dan disfungsi metabolik. Dalam jangka panjang, hiperglikemia kronis ini meningkatkan beban kerja sel β pankreas, menyebabkan kelelahan sel β dan penurunan sekresi insulin, yang akhirnya berkontribusi terhadap perkembangan diabetes melitus tipe 2 (Lan et al., 2025).

Penentuan kadar karbohidrat dalam bahan pangan dapat dilakukan melalui berbagai metode, salah satunya adalah metode *by difference*. Metode *by difference* merupakan metode penentuan kadar karbohidrat secara tidak langsung dengan menghitung selisih dari total komponen proksimat dalam bahan pangan. Prinsip metode ini didasarkan pada pengurangan persentase kadar air, abu, protein, dan lemak dari total 100%, sehingga diperoleh nilai kadar karbohidrat total dalam sampel. Komponen gizi yang memengaruhi besarnya kandungan karbohidrat diantaranya adalah kandungan protein, lemak, air dan abu. Semakin tinggi kadar komponen gizi lain maka semakin rendah kadar karbohidrat dan semakin rendah kadar gizi komponen lain maka kadar karbohidrat semakin tinggi (Agustin et al., 2023).

B. Protein

Protein salah satu komponen dibutuhkan tubuh manusia yang berasal dari berbagai makanan berfungsi untuk pengganti jaringan, penambah energi dan makro molekul serba guna pada system kehidupan yang mempunyai fungsi penting dalam semua proses biologis, seperti katalis, transportasi berbagai molekul lain seperti oksigen, menghantarkan

impuls saraf dan sebagai pertahanan tubuh. Protein merupakan senyawa polimer alami yang tersusun dari unit-unit asam amino sebagai monomernya, dengan struktur kimia dasar $\text{COOH}-\text{R}-\text{NH}_2$. Asam amino tersebut saling berikatan membentuk rantai linear melalui ikatan peptida. Ikatan peptida terjadi antara gugus karboksil dari satu asam amino dengan gugus amina dari asam amino lain yang berdekatan (Dwiningrum et al., 2023).

Protein dicerna lebih lambat oleh tubuh sehingga merangsang pelepasan hormon *gastric inhibitory peptide* (GIP) yang memperlambat pengosongan lambung dan memperpanjang rasa kenyang. Dalam metabolisme tubuh, sekitar 60% protein dapat dikonversi menjadi piruvat dan glukosa, sedangkan sisanya sulit dikonversi, berbeda dengan karbohidrat yang hampir seluruhnya dapat diubah menjadi glukosa. Oleh karena itu, kecukupan asupan protein penting dalam menjaga kestabilan kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus (Tontowi et al., 2025).

Konsumsi protein yang berlebih, khususnya protein hewani, dalam kondisi pola makan tidak seimbang sering dikaitkan dengan peningkatan risiko resistensi insulin dan diabetes melitus tipe 2. Secara patogenesis, asupan protein tinggi dapat meningkatkan kadar asam amino sirkulasi, terutama *branched-chain amino acids* (BCAA), yang diketahui sebagai prediktor kuat resistensi insulin. Protein dan asam amino juga menstimulasi sekresi insulin dan glukagon, sehingga paparan hormonal kronis dapat memengaruhi regulasi glukosa. Secara patofisiologis, peningkatan BCAA dan metabolitnya dapat mengganggu jalur pensinyalan insulin melalui aktivasi mTOR dan gangguan fungsi mitokondria, yang menurunkan sensitivitas insulin di jaringan otot dan hati. Kondisi ini menyebabkan gangguan pengambilan glukosa perifer dan peningkatan produksi glukosa hati, sehingga memicu hiperglikemia kronis. Dalam jangka panjang, kompensasi insulin yang terus-menerus dapat menyebabkan kelelahan sel β pankreas dan berkontribusi terhadap perkembangan diabetes melitus tipe 2 (Mensink, 2024).

Penentuan kadar protein secara kuantitatif dapat dilakukan menggunakan metode Kjeldahl, yang mengukur kandungan protein kasar berdasarkan jumlah nitrogen, termasuk nitrogen yang berasal dari protein dan non-protein. Proses Kjeldahl meliputi tiga tahap utama, yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi. Prinsip kerjanya adalah memecah sampel organik menggunakan asam sulfat dengan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi. Setelah proses destruksi, larutan dinetralkan dengan penambahan alkali kemudian dilakukan destilasi untuk memisahkan komponen berdasarkan perbedaan titik didih. Proses destilasi meliputi penguapan, pendinginan, dan pengembunan, sehingga diperoleh distilat yang lebih murni (Ispitasari & Haryanti, 2022).

C. Lemak

Lemak atau lipid merupakan sumber energi terbesar kedua bagi tubuh setelah karbohidrat dan jumlahnya cukup melimpah di dalam tubuh

manusia. Dalam satu gram lemak dapat menghasilkan 9 kkal per gram. Lemak berperan sebagai pembawa vitamin larut lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan K, serta menjadi sumber asam lemak esensial seperti omega-6 dan omega-3. Selain itu, lemak berfungsi dalam pembentukan membran sel yang sehat, mendukung perkembangan dan fungsi otak serta sistem saraf, dan berperan dalam pembentukan hormon. Dalam pangan, lemak memberikan kontribusi terhadap cita rasa, aroma, dan tekstur makanan, serta membantu menimbulkan rasa kenyang setelah makan (Rismayanthi & Mulyawan, 2021).

Konsumsi lemak yang berlebihan, terutama lemak jenuh dan lemak trans, berperan penting dalam terjadinya resistensi insulin dan perkembangan diabetes melitus tipe 2. Timbunan lemak di dalam tubuh yang mengakibatkan peningkatan kadar gula darah akibat resistensinya kerja insulin sehingga dapat mencetuskan timbulnya diabetes mellitus tipe 2 (Nasution & Ningrum, 2024).

Asam lemak, terutama asam lemak jenuh (*saturated fatty acids/SFA*) seperti asam palmitat, berperan dalam peningkatan kadar glukosa darah secara tidak langsung melalui penurunan sensitivitas insulin. Asupan lemak tinggi menyebabkan penumpukan lemak di jaringan adiposa yang mengakibatkan hipertrofi sel lemak dan peningkatan pelepasan asam lemak bebas ke dalam sirkulasi darah. Peningkatan asam lemak bebas ini tidak hanya mengubah komposisi dan fluiditas membran sel sehingga mengganggu fungsi reseptor insulin dan transporter glukosa, tetapi juga menyebabkan akumulasi metabolit lipid seperti diasilgliserol (DAG) dan ceramide di jaringan otot dan hati yang menghambat jalur pensinyalan insulin. Gangguan tersebut menurunkan translokasi GLUT-4 pada otot rangka dan menghambat kemampuan insulin dalam menekan produksi glukosa di hati, sehingga glukosa tetap berada dalam sirkulasi dan memicu hiperglikemia. Selain itu, jaringan adiposa yang berlebih menghasilkan mediator inflamasi yang menimbulkan peradangan kronis tingkat rendah dan semakin memperburuk resistensi insulin, sehingga meningkatkan kebutuhan sekresi insulin dan dalam jangka panjang menyebabkan kelelahan sel β pankreas yang berkontribusi terhadap perkembangan diabetes melitus tipe 2 (Elkanawati et al., 2024).

Sebaliknya, asam lemak tak jenuh, terutama asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), menunjukkan efek yang lebih menguntungkan terhadap pengendalian glukosa darah, karena MUFA seperti asam oleat dapat meningkatkan sensitivitas insulin dengan memperbaiki fluiditas membran sel, menurunkan stres oksidatif, serta melindungi sel β pankreas, sementara PUFA khususnya omega-3 berperan dalam menekan proses inflamasi, meningkatkan oksidasi lemak, dan memperbaiki kerja insulin sehingga membantu menjaga kestabilan kadar glukosa darah (Sivri & Akdevelioğlu, 2025).

Prinsip kerja dari metode soxhlet yaitu menggunakan sampel lemak kering yang diekstraksi secara terus menerus dengan jumlah pelarut

yang tetap. Metode soxhlet dapat mengekstraksi lemak/minyak dari bahan pangan dengan pelarut organik non-polar seperti heksana, petroleum eter, dan dietil eter dengan menggunakan alat khusus yaitu ekstraktor soxhlet. Pelarut pengekstrak dalam labu soxhlet dipanaskan sampai titik didihnya sehingga menguap. Uap pelarut ini naik melalui pipa pendingin balik, mengembun dan menetes pada bahan yang diekstraksi. Setelah pelarut merendam bahan, jika tingginya melampaui pipa pengalir pelarut, ekstrak akan mengalir ke labu soxhlet. Ekstrak yang terkumpul dipanaskan lagi, sehingga pelarut menguap kembali dan lemak tertinggal di labu. Oleh karena itu, pelarut daur ulang setiap kali bahan diekstraksi dengan pelarut baru (Ariani et al., 2024).

D. Serat

Serat makanan merupakan bagian dari karbohidrat kompleks yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia, namun dapat diuraikan oleh bakteri di dalam sistem pencernaan. Konsumsi makanan tinggi serat diketahui berperan dalam menurunkan kadar HbA1c. Hubungan antara asupan serat dengan kadar glukosa darah menunjukkan bahwa mengonsumsi makanan tinggi serat dapat membantu menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus (Ayu & Surahman, 2022). Fungsi serat dalam membantu kontrol gula darah adalah menghambat dan memperlambat pelepasan gula dan pati dengan cara menyerap, mengikat, dan memangkas beberapa partikel pati pada karbohidrat sederhana dan mengeluarkannya dari dalam tubuh dengan bantuan serat larut air (Zakiah et al., 2023).

Serat berperan sebagai faktor protektif terhadap terjadinya resistensi insulin dan diabetes melitus tipe 2. Secara patogenesis, asupan serat yang cukup, terutama serat larut dan fermentabel, dapat memperlambat pengosongan lambung serta penyerapan glukosa di usus, sehingga menurunkan lonjakan glukosa darah postprandial dan mengurangi kebutuhan sekresi insulin secara berlebihan. Serat yang difermentasi oleh mikrobiota usus menghasilkan asam lemak rantai pendek yang berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin, memperbaiki metabolisme glukosa, dan menekan peradangan kronis tingkat rendah. Secara patofisiologis, kondisi ini membantu menjaga jalur pensinyalan insulin tetap optimal, meningkatkan pengambilan glukosa oleh jaringan perifer, serta memperbaiki respons hati terhadap insulin sehingga produksi glukosa dapat ditekan. Sebaliknya, asupan serat yang rendah menyebabkan penyerapan glukosa berlangsung lebih cepat, memicu lonjakan insulin berulang, dan dalam jangka panjang meningkatkan risiko terjadinya resistensi insulin, hiperglikemia kronis, kelelahan sel β pankreas, serta perkembangan diabetes melitus tipe 2 (Mao et al., 2021).

Salah satu metode yang digunakan untuk analisis kuantitatif kadar serat adalah metode gravimetri. Metode ini banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain mampu menentukan

kandungan pengotor dalam sampel, mudah dilakukan, serta memberikan hasil analisis yang spesifik, akurat, presisi, dan sensitif. Analisis kadar serat dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak 2-4 gram, kemudian dilakukan ekstraksi lemak menggunakan alat Soxhlet atau metode pengadukan. Sampel diekstraksi dengan pelarut organik, dikeringkan, lalu direfluks menggunakan larutan H_2SO_4 1,25% selama 30 menit, diikuti dengan penambahan NaOH 2,25% dan pemanasan kembali selama 30 menit. Larutan panas kemudian disaring menggunakan kertas saring bebas abu, dan residu dicuci dengan H_2SO_4 panas, air panas, serta etanol 96%. Selanjutnya, residu dikeringkan pada suhu 105°C dan ditimbang hingga bobot konstan. Jika kadar serat kasar melebihi 1%, residu diabukan dan ditimbang kembali hingga diperoleh bobot tetap (Rahmada et al., 2024).

E. Angka Kecukupan Gizi (AKG)

Angka Kecukupan Gizi (AKG) merupakan nilai rata-rata kecukupan zat gizi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sebagian besar individu berdasarkan kelompok umur, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis tertentu. AKG digunakan sebagai acuan dalam perencanaan, penilaian, dan evaluasi kecukupan asupan zat gizi individu maupun kelompok. Di Indonesia, nilai AKG ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia (Kemenkes, 2019).

Dalam penelitian ini, penilaian kandungan zat gizi *snack bar* berbasis tepung biji alpukat dilakukan berdasarkan 10% AKG untuk kelompok usia 19–29 tahun. Persentase tersebut digunakan karena *snack bar* merupakan makanan selingan (*snack*) yang umumnya berkontribusi sekitar 10% dari kebutuhan energi dan zat gizi harian (Arza et al., 2023). Oleh karena itu, kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan serat dalam produk dibandingkan dengan nilai 10% AKG untuk mengetahui kontribusinya terhadap pemenuhan kebutuhan zat gizi harian. Adapun Angka Kecukupan Gizi (AKG) kelompok usia 19 – 29 tahun tersaji pada tabel berikut:

Tabel 1. 11 Angka Kecukupan Gizi (AKG) Kelompok Usia 19 – 29 Tahun

Kategori	AKG Zat Gizi Makro			
	KH (g)	Protein (g)	Lemak (g)	Serat (g)
Laki-laki				
Usia 19 – 29 Tahun	430	65	75	37
Makanan Selingan 10%	43	6,5	7,5	3,7
Perempuan				
Usia 19 – 29 Tahun	360	60	65	32
Makanan Selingan 10%	36	6	6,5	3,2

Sumber: AKG Kemenkes, 2019

Tabel 1. 12 Tabel Sintesa tentang Analisis dan Pengaruh Zat Gizi Makro Terhadap DMT2

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
1	Ruri Widyasari et al. (2022). https://jurnal.uui.ac.id/index.php/JHTM/article/view/2915	Hubungan Asupan Karbohidrat dan Lemak dengan Kadar Gula Darah Pasien Diabetes Melitus di Wilayah Kerja Puskesmas Ulee Kareng Banda Aceh. <i>Journal of Healthcare Technology and Medicine</i>	Penelitian kuantitatif dengan desain case control (retrospektif). Analisis data menggunakan uji chi-square dan Odds Ratio (OR).	80 responden (40 kasus dan 40 kontrol) pasien wanita usia 45–55 tahun.	Terdapat hubungan signifikan antara asupan karbohidrat dan asupan lemak dengan kadar gula darah pasien diabetes melitus. Asupan karbohidrat dan lemak berlebih meningkatkan risiko kadar gula darah tidak normal ($p < 0,05$).
2	Farhana Tontowi et al. (2025). https://jurnal.stikeskesosi.ac.id/index.php/Antigen/article/view/811/versi/811	Kepatuhan Diet dan Asupan Protein terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 di RSUD dr. Iskak. <i>Antigen: Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Gizi</i>	Penelitian kuantitatif dengan desain cross sectional. Analisis menggunakan uji korelasi Pearson dan Spearman rho.	26 pasien DM tipe 2 rawat jalan di RSUD dr. Iskak Tulungagung.	Terdapat hubungan signifikan antara kepatuhan diet dan kecukupan asupan protein dengan kadar glukosa darah puasa. Semakin tinggi kepatuhan diet dan kecukupan protein, maka kadar glukosa darah puasa semakin terkontrol.
3	Ayu & Surahman (2022).	Hubungan Asupan Serat dengan Kadar Glukosa	Penelitian kuantitatif observasional dengan desain <i>cross sectional</i> .	Sebanyak 50 pasien Diabetes Melitus tipe 2 usia 50–70 tahun yang	Rata-rata asupan serat responden sebesar 10,4 g/hari dan rata-rata kadar

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jkt/article/download/13277/10120	Darah Pasien Diabetes Melitus. <i>Jurnal Kesehatan Tambusai</i>	Asupan serat diukur menggunakan <i>Food Recall</i> 24 jam (2×), sedangkan kadar gula darah sewaktu diperoleh dari pemeriksaan laboratorium. Analisis hubungan menggunakan uji Pearson.	menjalani rawat jalan di Puskesmas Payung Rejo.	gula darah sewaktu 233,7 mg/dL. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara asupan serat dengan kadar gula darah sewaktu pada pasien Diabetes Melitus tipe 2 ($p = 0,93$).
4	Fitri & Fitriana (2020) https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/SAINTEKS/article/view/8536/pdf .	Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. <i>SAINTEKS: Jurnal Sains dan Teknologi</i>	Penelitian eksperimental laboratorium dengan analisis kualitatif karbohidrat menggunakan uji Fehling, Moore, hidrolisis, dan uji Iod untuk mengidentifikasi jenis karbohidrat.	Sampel larutan standar karbohidrat berupa glukosa, sukrosa, dan amilum.	Glukosa teridentifikasi sebagai monosakarida, sukrosa sebagai disakarida, dan amilum sebagai polisakarida. Uji Fehling dan Moore menunjukkan reaksi positif pada gula pereduksi, uji hidrolisis menunjukkan pemecahan sukrosa dan amilum, sedangkan uji Iod menunjukkan reaksi positif pada amilum.
5	Jorgi Arifsyah, Devillya Puspita Dewi, Siti Wahyuningsih (2022). https://ilgi.respati.ac.id/index.php/ilgi	Pengaruh Substitusi Tepung Talas (<i>Colocasia Esculenta</i>) dan Tepung Beras Merah (<i>Oryza Nivara</i>) Terhadap Kadar Proksimat	Penelitian eksperimen murni menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisis proksimat menggunakan metode thermogravimetri (air dan abu), Soxhlet	Mochi dengan substitusi tepung talas dan tepung beras merah pada tiga formula perlakuan.	Substitusi tepung talas dan tepung beras merah meningkatkan kadar air dan protein, serta menurunkan kadar lemak dan karbohidrat pada mochi. Terdapat perbedaan signifikan pada kadar air,

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	2017/article/view/296	dan Kadar Zat Besi pada Mochi <i>Jurnal Ilmu Gizi Indonesia</i>	(lemak), Kjeldahl (protein), <i>by difference</i> (karbohidrat), dan spektrofotometer serapan atom (zat besi). Analisis statistik menggunakan One Way Anova, LSD, dan Kruskal-Wallis.		protein, lemak, dan karbohidrat antar formula, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar zat besi.
6	Ispitasari & Haryanti (2022). https://journal.ugm.ac.id/ijl/article/view/73468	Pengaruh Waktu Destilasi terhadap Ketepatan Uji Protein Kasar pada Metode Kjeldahl dalam Bahan Pakan Ternak Berprotein Tinggi. <i>Indonesian Journal of Laboratory.</i>	Penelitian eksperimental laboratorium dengan metode Kjeldahl. Variasi waktu destilasi (5, 7, dan 10 menit) dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut DMRT untuk menilai pengaruh waktu destilasi terhadap ketepatan kadar protein kasar.	Sampel bahan pakan berprotein tinggi, yaitu kasein, <i>meat bone meal</i> (MBM), <i>soya bean meal</i> (SBM), dan <i>maggot</i> .	Variasi waktu destilasi 5, 7, dan 10 menit tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap kadar protein kasar pada seluruh sampel. Destilasi selama 5 menit dinilai cukup optimal dan dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih efisien tanpa menurunkan ketepatan hasil analisis.
7	Ariani, Rohani, Sukanty, Yunita, Solehah, & Nursofia (2024). https://www.researchgate.net/publication/378716495_PENENTUAN_KADAR_LEMAK_PA	Penentuan Kadar Lemak pada Tepung Terigu dan Tepung Maizena Menggunakan Metode Soxhlet. <i>Jurnal Ganec Swara</i>	Penelitian eksperimental laboratorium. Analisis kadar lemak dilakukan menggunakan metode Soxhlet dengan pelar	Sampel terdiri dari tiga jenis tepung, yaitu tepung terigu curah (tanpa label), tepung terigu protein tinggi (berlabel), dan tepung maizena yang diperoleh dari pasaran.	Kadar lemak tertinggi terdapat pada tepung terigu protein tinggi sebesar 2,29%, diikuti oleh tepung terigu curah sebesar 1,32%, dan terendah pada tepung maizena sebesar 0,65%. Perbedaan kadar lemak dipengaruhi oleh variasi bahan baku dan

No	Peneliti dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian dan Metode Analisis	Sampel	Temuan
	DA_TEPUNG_TERIGU_DAN_TEPUNG_MAIZENA_MENGGUNAKAN_METODE_SOXHLET				proses pengolahan tepung.
8	Rahmada, Kristiandi, Febrina, Hamdi, & Sigiro (2024). https://ejournal.upi.edu/index.php/edufortech/article/view/73078	Analisis Kadar Air, Kadar Abu dan Kadar Serat pada Produk Potato Ball. <i>EDUFORTECH</i> .	Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pengujian laboratorium. Analisis kadar air, abu, dan serat dilakukan mengacu pada SNI 01-2891-1992, SNI 7758-2013, dan SNI 3144-2015. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali.	Produk <i>potato ball</i> yang dibuat dari kentang, tepung terigu, dan tepung maizena, kemudian diuji di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Pontianak.	Kadar air produk potato ball berkisar antara 48,5–51,4% dan memenuhi standar SNI. Kadar abu berkisar 2,50–2,62%, dengan satu sampel memenuhi standar SNI. Kadar serat berkisar 1,32–2,54%, di mana satu sampel melebihi batas standar mutu SNI.

Hasil sintesa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan produk pangan berbasis bahan lokal, seperti tepung dan ekstrak biji alpukat, memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional karena mengandung senyawa bioaktif dan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan. Pengolahan pangan dan metode analisis laboratorium, seperti metode Kjeldahl, Soxhlet, dan by difference, digunakan untuk menentukan kandungan zat gizi produk pangan secara akurat. Selain itu, proses pengolahan dan formulasi bahan diketahui dapat memengaruhi kandungan zat gizi akhir pada produk pangan.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yakni mengenai berapa kandungan zat gizi makro (karbohidrat, protein, lemak, dan serat) *snack bar* berbasis tepung biji alpukat (*Persea americana* Mill.)?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan zat gizi makro (karbohidrat, protein, lemak, dan serat) *snack bar* berbasis tepung biji alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai potensi pangan fungsional untuk diabetes melitus tipe 2.

1.4.2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui kandungan karbohidrat *snack bar* berbasis tepung biji alpukat.
- Untuk mengetahui kandungan protein *snack bar* berbasis tepung biji alpukat.
- Untuk mengetahui kandungan lemak *snack bar* berbasis tepung biji alpukat.
- Untuk mengetahui kandungan serat *snack bar* berbasis tepung biji alpukat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1.5.1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi ilmiah mengenai kandungan zat gizi makro *snack bar* berbasis tepung biji alpukat serta potensinya sebagai bahan pangan fungsional untuk penderita diabetes melitus. Hasil penelitian dapat menjadi dasar bagi pengembangan dan penelitian lanjutan terkait produk pangan sehat berbasis bahan lokal.

1.5.2. Manfaat Institusi

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi salah satu informasi penting bagi civitas akademik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin untuk melakukan pengkajian dan penelitian berkelanjutan mengenai pengembangan pangan fungsional berbasis bahan lokal.

1.5.3. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru bagi masyarakat serta menjadi sumber informasi bagi peneliti lain dalam penyusunan karya ilmiah dan penerapan ilmu pengetahuan yang diperoleh dari penelitian ini.

1.6 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 1. 13 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala Pengukuran
<i>Snack Bar</i>	Produk pangan padat berbentuk	-	-	-

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala Pengukuran
	batang dengan berat 35 gram per sajian yang diformulasikan sebagai pangan fungsional untuk diabetes melitus tipe 2, dibuat menggunakan kombinasi tepung oat dan tepung biji alpukat dengan perbandingan 75:25 sebagai formula terpilih, serta ditambahkan bahan lain berupa margarin, telur ayam, susu skim low fat, stevia bubuk, kismis, dan kacang mete.			
Analisis Zat Gizi Makro	Pengukuran kandungan karbohidrat pada sampel terpilih <i>snack bar</i> berbasis tepung biji alpukat sebagai pangan fungsional melalui uji laboratorium terstandar.	Metode <i>By Difference</i>	Kandungan karbohidrat dalam 100 g bahan yang terdeteksi dalam sampel.	Rasio
	Pengukuran kandungan protein pada sampel terpilih <i>snack bar</i> berbasis tepung biji alpukat sebagai pangan fungsional melalui uji laboratorium terstandar.	Metode Kjeldahl	Kandungan protein dalam 100 g bahan yang terdeteksi dalam sampel.	Rasio
	Pengukuran kandungan lemak pada sampel terpilih <i>snack bar</i> berbasis	Metode Soxhlet	Kandungan lemak dalam 100 g bahan yang	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala Pengukuran
	tepung biji alpukat sebagai pangan fungsional melalui uji laboratorium terstandar.		terdeteksi dalam sampel.	
	Pengukuran kandungan serat pada sampel terpilih <i>snack bar</i> berbasis tepung biji alpukat sebagai pangan fungsional melalui uji laboratorium terstandar.	Metode Gravimetri	Kandungan serat dalam 100 g bahan yang terdeteksi dalam sampel.	Rasio

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain eksperimental laboratorium karena peneliti memberikan perlakuan berupa formulasi *snack bar* berbasis tepung biji alpukat dengan perbedaan perbandingan tepung oat dan tepung biji alpukat pada setiap formula. Proses penelitian meliputi pembuatan produk *snack bar* yang mengacu pada prosedur penelitian Widyahapsari & Setyawati (2024), Novitasari et al. (2024), dan Maulidianisa et al. (2025). Produk *snack bar* yang dihasilkan terdiri atas empat formula, yaitu F1 (100% tepung oat : 0% tepung biji alpukat), F2 (75% tepung oat : 25% tepung biji alpukat), F3 (50% tepung oat : 50% tepung biji alpukat), dan F4 (25% tepung oat : 75% tepung biji alpukat).

Penelitian ini dilakukan secara berkelompok, di mana peneliti pertama, yaitu Abdullah et al., (2026), melakukan analisis mutu organoleptik dan uji daya terima untuk menilai karakteristik sensori produk sekaligus menentukan formula terbaik sehingga berdasarkan hasil pengujian tersebut, formula F2 terpilih sebagai formula terbaik (Abdullah et al., 2026). Selanjutnya, dilakukan analisis kandungan zat gizi makro yang meliputi karbohidrat, protein, lemak, dan serat. Analisis dilakukan secara duplo, yaitu pengulangan analisis sebanyak dua kali pada sampel yang sama untuk mengevaluasi konsistensi hasil pengukuran dan meningkatkan presisi data (Kallner & Theodorsson, 2020).

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

2.2.1. Lokasi Penelitian

Pembuatan produk dilaksanakan di Laboratorium Kuliner Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Kemudian, analisis zat gizi makro dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Terpadu Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.

2.2.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian, yaitu bulan Februari hingga Mei tahun 2026.

2.3 Alat, Bahan, dan Cara Kerja

2.3.1. Pembuatan Tepung Biji Alpukat (Widyahapsari & Setyawati, 2024 & Novitasari et al., 2024)

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan tepung biji alpukat adalah baskom, saringan, pisau, talenan, panci, kompor, *tray*, *food dehydrator*, ayakan 60 *mesh*, dan *chopper*.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan tepung biji alpukat adalah biji alpukat, garam, air bersih, akuades, dan natrium metabisulfit 3000 ppm.

3. Cara Pembuatan

- a. Biji alpukat yang telah diperoleh, dicuci hingga bersih dari sisa-sisa daging alpukat dan dilakukan pengupasan kulit biji alpukat.
- b. Biji alpukat yang bersih lalu diiris tipis-tipis.
- c. Irisan biji alpukat ditaburi garam lalu diremas-remas dan dicuci hingga bersih.
- d. Selanjutnya, irisan biji alpukat direbus hingga lunak.
- e. Biji alpukat yang telah rebus kemudian direndam dengan larutan natrium metabisulfit 3000 ppm selama 45 menit dan ditiriskan.
- f. Setelah itu, irisan biji alpukat direndam menggunakan air bersih semalaman dan dilakukan penggantian air 3 jam sekali.
- g. Irisan biji alpukat kemudian dicacah hingga berukuran kecil dan ditata di *tray* lalu dilakukan pengeringan dengan *food dehydrator* suhu 80°C selama 4 jam.
- h. Biji alpukat yang telah kering dihaluskan menggunakan *chopper*.
- i. Setelah dihaluskan, butiran biji alpukat diayak menggunakan ayakan 60 *mesh* untuk mendapatkan ukuran partikel tepung yang lebih seragam dan halus.
- j. Tepung biji alpukat siap digunakan untuk pembuatan *snack bar*.

2.3.2. Pembuatan *Snack Bar* (Maulidianisa et al., 2025)

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan *snack bar* adalah kompor gas, spatula, *mixing bowl*, gelas ukur, pisau, talenan, sendok, oven, *baking pan*, *glass bowl*, *mixer*, dan timbangan.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *snack bar* adalah tepung biji alpukat, tepung oat, margarin 50 gram, telur, susu skim *low fat* 25 gram, stevia bubuk 20 gram, kismis 15 gram, dan kacang mete 20 gram.

3. Cara Pembuatan

- a. Bahan-bahan *snack bar* disiapkan dan ditimbang sesuai kebutuhan.
- b. Kacang mete dicacah, sedangkan kismis dipotong kecil-kecil.
- c. Tepung biji alpukat, tepung oat, dan susu skim *low fat* dimasukkan ke dalam satu wadah, lalu dicampur hingga merata.
- d. Margarin dicairkan dengan cara ditim, lalu didinginkan.
- e. Setelah margarin dingin, ditambahkan stevia bubuk dan telur, lalu diaduk hingga homogen. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam bahan kering.

- f. Adonan diaduk hingga tercampur rata. Selanjutnya, kacang mete dan kismis ditambahkan, lalu diaduk kembali hingga merata.
- g. Adonan dicetak di dalam loyang, kemudian dipanggang dalam oven pada suhu 100°C selama 40 menit.
- h. *Snack bar* yang telah matang dikeluarkan dari oven, didinginkan pada suhu ruang, lalu dipotong dengan ukuran 8 × 2,5 × 1,5 cm.

Tabel 2. 1 Bahan Snack Bar

Bahan	F1 (Kontrol)	F2	F3	F4
Tepung Biji Alpukat	0 g	25 g	50 g	75 g
Tepung Oat	100 g	75 g	50 g	25 g
Margarin	75 g	75 g	75 g	75 g
Telur	57,5 g	57,5 g	57,5 g	57,5 g
Susu Skim Low Fat	25 g	25 g	25 g	25 g
Stevia Bubuk	3,6 g	3,6 g	3,6 g	3,6 g
Kismis	20 g	20 g	20 g	20 g
Kacang Mete	25 g	20 g	20 g	20 g

Sumber: Data Primer, 2025

2.3.3. Analisis Zat Gizi Makro

1. Analisis Kadar Karbohidrat

Analisis karbohidrat dilakukan menggunakan metode *by difference*, yakni pengurangan 100% dengan jumlah dari hasil ke-4 komponen yakni kadar air, kadar abu, protein, dan lemak. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus:

$$\% \text{ karbohidrat} = 100\% - (\% \text{air} - \% \text{abu} - \% \text{protein} - \% \text{lemak})$$

2. Analisis Kadar Protein

a. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik, labu Kjeldahl 100 mL, lemari asam, alat destruksi atau digester Kjeldahl, labu ukur 100 mL, pipet volume atau pipet ukur 2 mL, labu destilasi, alat destilasi Kjeldahl, erlenmeyer 100 mL, buret, statif dan klem, gelas ukur atau gelas beker, corong kaca, serta pipet tetes.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel uji, campuran selenium, asam sulfat pekat (H_2SO_4) teknis, air suling atau akuades, larutan natrium hidroksida (NaOH) 30%, larutan asam borat (H_3BO_3) 2%, larutan indikator campuran, serta larutan HCl 0,0105 N atau H_2SO_4 0,0105 N sebagai larutan standar untuk titrasi.

c. Langkah Kerja

- a) Sebanyak kurang lebih 0,5 g sampel ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 mL.
- b) Sebanyak kurang lebih 1 g campuran selenium dan 10–25 mL H_2SO_4 pekat (teknis) ditambahkan ke dalam labu Kjeldahl.
- c) Labu Kjeldahl beserta isinya digoyangkan hingga seluruh sampel terbasahi oleh H_2SO_4 , kemudian dilakukan proses destruksi di dalam lemari asam sampai larutan menjadi jernih.
- d) Setelah larutan dingin, hasil destruksi dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan labu dibilas menggunakan air suling.
- e) Sebanyak 2 mL sampel dipipet ke dalam labu destilasi, kemudian ditambahkan 5 mL larutan NaOH 30% dan 100 mL air suling.
- f) Labu penampung disiapkan dengan memasukkan 10 mL larutan H_3BO_3 2% dan 2 tetes larutan indikator campuran ke dalam erlenmeyer 100 mL.
- g) Proses penyulingan dilakukan hingga volume larutan pada penampung mencapai kurang lebih 50 mL.
- h) Ujung alat penyuling dibilas menggunakan air suling, kemudian larutan dalam penampung dititrasi menggunakan larutan HCl atau H_2SO_4 0,0105 N.
- i) % kadar protein dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus} = \frac{V \times N \times 14 \times 6,25 \times P}{\text{Berat contoh (mg)}} \times 100\%$$

Ket:

V = Volume titrasi contoh

N = Normalitas larutan HCl atau H_2SO_4 , sebagai penitar

P = Faktor pengencer

3. Analisis Kadar Lemak

a. Alat

Alat yang digunakan dalam prosedur ini yaitu neraca analitik, tabung reaksi berskala 10 mL, pipet volume atau pipet ukur 5 mL, cawan penguap atau cawan porselen, oven, desikator, dan penjepit cawan.

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam analisis kadar lemak yaitu sampel, kloroform, dan kertas tisu.

c. Langkah Kerja

- a) Sampel ditimbang sebanyak kurang lebih 1 gram (c).
- b) Sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi berskala 10 mL.

- c) Kloroform ditambahkan hingga mendekati tanda skala pada tabung reaksi.
- d) Tabung reaksi ditutup rapat, kemudian campuran dikocok dan didiamkan semalam.
- e) Larutan disaring menggunakan kertas tisu ke dalam tabung reaksi lain.
- f) Sebanyak 5 mL filtrat (p) dipipet ke dalam cawan yang telah diketahui berat awalnya (a).
- g) Cawan dioven pada suhu 100°C selama 8 jam atau didiamkan semalam hingga pelarut menguap.
- h) Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 30 menit.
- i) Cawan lalu ditimbang untuk memperoleh berat akhir (b).
- j) % kadar lemak dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus} = p \times \frac{b - a}{c} \times 100\%$$

4. Analisis Kadar Serat

a. Alat

Alat-alat yang digunakan yaitu neraca analitik, tabung reaksi, alat refluks, sintered glass, pompa vakum, oven, tanur, desikator, dan penjepit cawan.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam prosedur ini yaitu sampel, larutan H₂SO₄ 0,3 N, larutan NaOH 1,5 N, air panas, dan alkohol.

c. Langkah Kerja

- a) Sampel ditimbang sebanyak 0,5 gram, dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi (c).
- b) Sebanyak 30 mL H₂SO₄ 0,3 N ditambahkan ke dalam sampel, kemudian campuran direfluks selama 30 menit.
- c) Sebanyak 15 mL NaOH 1,5 N ditambahkan, lalu campuran kembali direfluks selama 30 menit dan disaring menggunakan *sintered glass* sambil diisap dengan pompa vakum.
- d) Residu dicuci secara berturut-turut menggunakan 50 mL air panas, 50 mL H₂SO₄ 0,3 N, 50 mL air panas, dan 50 mL alkohol.
- e) Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 8 jam atau didiamkan semalam, lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (a).
- f) Residu ditanurkan selama 3 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang kembali (b).timbang.

- g) Kadar serat kasar dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Rumus = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

2.4 Pengumpulan Data

2.4.1. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil percobaan di laboratorium dengan analisis kadar karbohidrat, protein, lemak, dan serat, pada *snack bar* berbasis tepung biji alpukat.

2.4.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui pencarian sumber atau *literature review* melalui artikel jurnal, buku, dan *website* resmi.

2.5 Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data yang digunakan merupakan analisis deskriptif untuk mengetahui kadar zat gizi makro yang terdapat pada *snack bar* berbasis tepung biji alpukat. Setelah data terkumpul, selanjutnya dianalisis menggunakan *microsoft excel*.

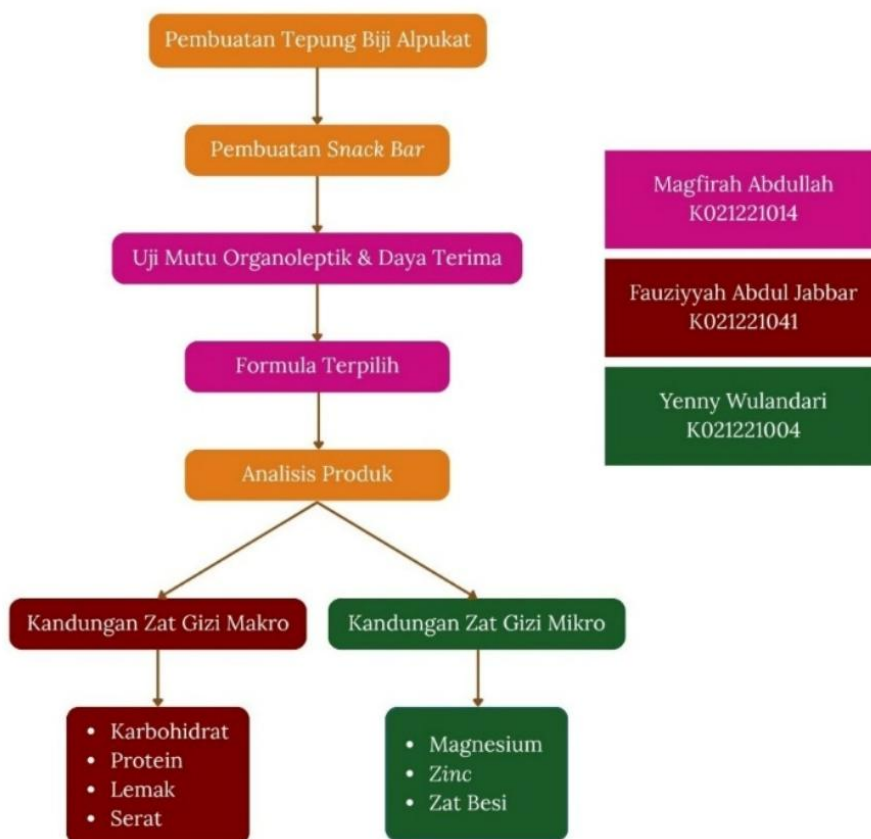
2.6 Penyajian Data

Data yang telah dianalisis disajikan dalam bentuk tabel dan narasi untuk membahas hasil penelitian.

2.7 Diagram Alir Penelitian

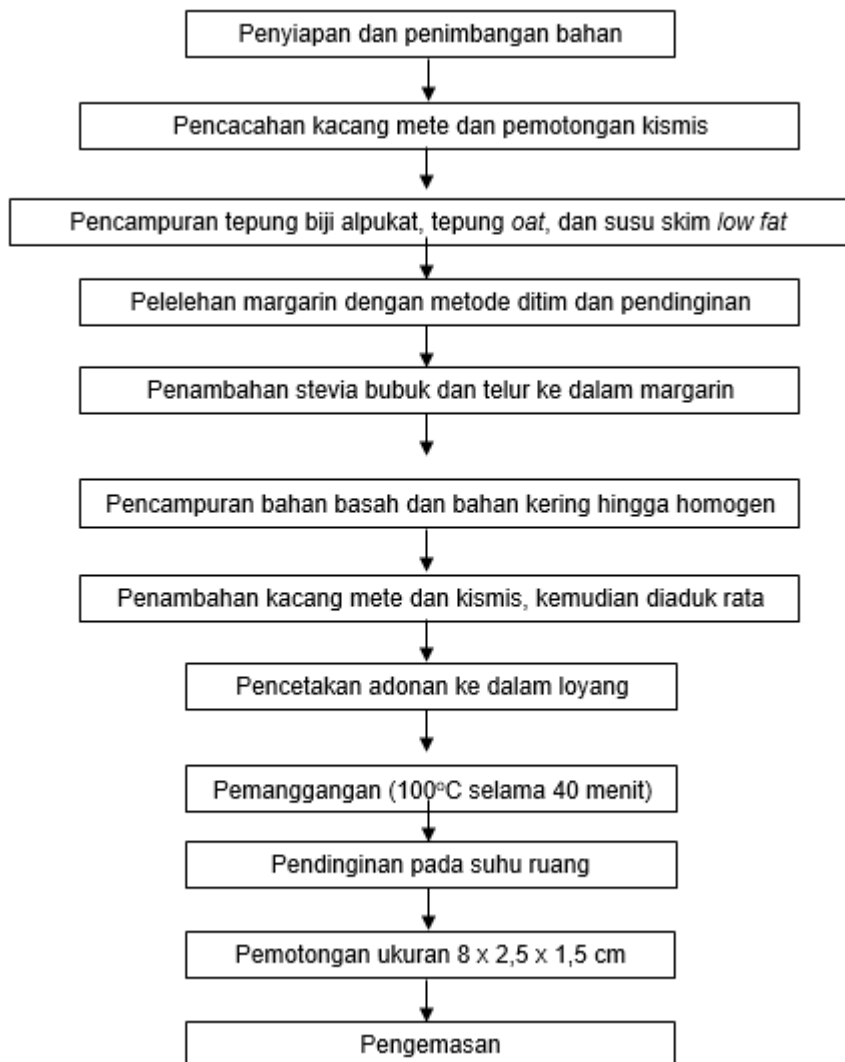
2.7.1. Workflow Diagram of Snack Bar

WORKFLOW DIAGRAM OF SNACK BAR



Gambar 2. 2 Workflow Diagram of Snack Bar

2.7.2. Pembuatan *Snack Bar* Berbasis Tepung Biji Alpukat



Gambar 2. 3 Diagram Alir Pembuatan *Snack Bar* Berbasis Tepung Biji Alpukat