

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN PEMULA**

**PENGEMBANGAN SEREAL INSTAN BERBASIS
PISANG TANDUK, KEDELAI, DAN DAUN KELOR
SEBAGAI KUDAPAN SEHAT BAGI
PENDERITA DIABETES MELITUS TIPE 2**



**OLEH:
FITRIA DHENOK PALUPI
INDRI HAPSARI
MUH. HASAN WATTIHEL UW**

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MALANG
PROGRAM STUDI ANALIS FARMASI DAN MAKANAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai kudapan sehat bagi Penderita diabetes melitus tipe 2

Peneliti Utama

Nama : FITRIA DHENOK PALUPI
NIP : 199307202022032001
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Program Studi : Program Studi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetika
Nomor HP : +62 857-9031-4800
E-mail : fitra.dhenok@poltekkes-malang.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : INDRI HAPSARI
NIP : 197701302000122002
Program Studi : Program Studi Str Gizi dan Dietetika

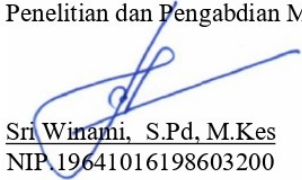
Anggota (2)

Nama Lengkap : MUH. HASAN WATTIHELW
NIP : 199307152020121003
Program Studi : Program Studi D3 Analis Farmasi dan Makanan

Tahun Pelaksanaan : 2025
Biaya Penelitian : **Rp.12.000.000**

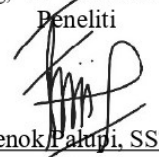
Mengetahui,

Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat


Sri Winami, S.Pd, M.Kes
NIP.19641016198603200

Malang, 31 Desember 2025

Peneliti


Fitria Dhenok Palupi, SST., M.Gz
NIP. 199307202022032001

Mengesahkan,
PLT Direktur



Ainani Tovibah, A.Per.Pen, M.Pd
NIP. 197011181994032001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI.....	ii
RINGKASAN HASIL PENELITIAN	iv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	5
1.3 TUJUAN PENELITIAN	5
1.4 MANFAAT PENELITIAN.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
Sereal Instan	6
Pisang Tanduk	7
Kedelai	8
BAB III.....	10
TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
3.1 TUJUAN PENELITIAN	10
3.1.1 TUJUAN UMUM	10
3.1.2 TUJUAN KHUSUS.....	10
3.2 MANFAAT PENELITIAN.....	10
BAB IV	11
METODE PENELITIAN	11
4.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	11
4.2 Formula Sereal instan	11
BAB V	27
JADWAL PENELITIAN	27
5.1 JADWAL PENELITIAN DOSEN	27
5.2 USULAN BIAYA PENELITAIN.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29

RINGKASAN HASIL PENELITIAN

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis dengan prevalensi yang terus meningkat dan sangat dipengaruhi oleh pola konsumsi pangan. Pengembangan pangan fungsional berbasis bahan lokal berpotensi menjadi alternatif intervensi gizi yang mendukung pengendalian glikemia. Pisang tanduk, kecambah kedelai, dan daun kelor merupakan bahan pangan lokal yang kaya pati resisten, protein nabati, serta senyawa bioaktif yang berperan dalam metabolisme glukosa. Namun, pemanfaatan ketiga bahan tersebut dalam bentuk pangan praktis dan mudah dikonsumsi masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sereal instan berbasis tepung pisang tanduk, tepung kecambah kedelai, dan tepung daun kelor sebagai kudapan sehat bagi penderita diabetes melitus tipe 2. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi formulasi terhadap karakteristik kimia dan tingkat penerimaan produk. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian dilaksanakan melalui tahapan penyiapan bahan baku, pembuatan formulasi sereal instan dengan variasi proporsi bahan utama, proses pengolahan menjadi sereal instan, analisis proksimat, serta uji organoleptik meliputi atribut warna, aroma, rasa, dan kekentalan. Data dianalisis secara statistik menggunakan uji parametrik maupun nonparametrik sesuai distribusi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sereal instan yang dihasilkan memiliki karakteristik gizi yang sesuai dengan prinsip diet diabetes melitus tipe 2 dan dapat diterima oleh panelis. Variasi formulasi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sebagian besar parameter gizi, namun berpengaruh terhadap karakteristik sensori tertentu, terutama atribut rasa. Secara umum, produk menunjukkan tingkat penerimaan yang baik dan berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional berbasis bahan lokal. Luaran penelitian yang ditargetkan meliputi artikel ilmiah untuk dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi. Berdasarkan capaian penelitian, tingkat kesiapterapan teknologi

berada pada TKT level 3–4, yaitu pembuktian konsep dan validasi formulasi produk dalam skala laboratorium. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan lanjutan menuju uji fungsional dan peningkatan skala produksi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Diabetes melitus (DM) merupakan salah satu masalah kesehatan utama di dunia, termasuk di Indonesia. International Diabetes Federation (IDF) melaporkan bahwa pada tahun 2024 terdapat sekitar 589 juta orang dewasa yang hidup dengan diabetes secara global, dan jumlah ini diproyeksikan meningkat menjadi 853 juta pada tahun 2050. Kawasan Asia Tenggara diperkirakan mengalami peningkatan prevalensi lebih dari 70% (IDF, 2025). Indonesia termasuk dalam sepuluh negara dengan jumlah penderita diabetes terbanyak di dunia, yang mayoritas merupakan diabetes melitus tipe 2 (DMT2). DMT2 merupakan penyakit metabolik kronis yang ditandai dengan hiperglikemia akibat resistensi insulin dan disfungsi progresif sel β pankreas. Faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan prevalensinya meliputi obesitas abdominal, gaya hidup sedentari, pola makan tinggi kalori, serta penuaan populasi (American Diabetes Association (ADA), 2024)

Fluktuasi glikemia pascaprandial yang disertai peningkatan kadar insulin dan lipid berperan penting dalam etiologi penyakit tidak menular, khususnya diabetes melitus tipe 2 (DMT2) (Blaak et al., 2012; Schwingshackl et al., 2018). Pola konsumsi pangan modern yang tinggi energi, tinggi gula sederhana, dan rendah serat berkontribusi terhadap respons glikemik pascaprandial yang tinggi serta peningkatan risiko DMT2 dan penyakit kardiovaskular (Mirrahimi et al., 2012). Sebaliknya, diet dengan indeks glikemik rendah berhubungan dengan perbaikan sensitivitas insulin dan pengendalian glukosa darah (Livesey and Livesey, 2019; Jenkins et al., 2021). International Diabetes Federation menekankan pentingnya intervensi gizi jangka panjang dalam pengelolaan diabetes (IDF, 2025).

Selama beberapa dekade terakhir, pangan olahan menjadi bagian penting pola konsumsi masyarakat, sehingga proses pengolahan mendapat perhatian karena dapat memengaruhi pencernaan pati dan respon metabolik pangan. Pengendalian metode

pengolahan terbukti mampu memodifikasi profil pencernaan pati dan meningkatkan kualitas gizi pangan olahan, yang menjadi tantangan utama dalam perbaikan kualitas diet ke depan (Gibney, no date; Demangeat et al., 2023). Sejalan dengan meningkatnya pemasaran produk minuman sereal sebesar 4,3% pada periode 2017–2025 menurut APEDA, konsumsi sereal instan dilaporkan berkaitan dengan peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2, sehingga diperlukan modifikasi produk yang lebih ramah bagi penderita diabetes (Chanson-Rolle et al., 2015; Sun et al., 2019). Proses pengolahan sereal melalui pemanasan dan pendinginan dapat mengubah struktur pati, kualitas zat gizi, dan respon glikemik produk, di mana daya cerna pati dipengaruhi oleh gelatinisasi, struktur fisik, serta interaksi pati dengan komponen lain menjadi penentu utama respon metabolik pada diabetes melitus tipe 2 (Wu et al., 2020).

Manajemen dan pencegahan diabetes melitus dapat dilakukan melalui perubahan pola makan, peningkatan aktivitas fisik, pengendalian berat badan, serta penggunaan terapi farmakologis. Berdasarkan Global Burden of Diseases Study yang dilakukan di 188 negara, pola makan merupakan salah satu penyebab utama masalah kesehatan terkait diabetes (American Diabetes Association (ADA), 2017; Forouhi et al., 2018). Salah satu pendekatan gizi yang potensial adalah konsumsi pangan yang kaya akan pati resisten, asam amino, vitamin, mineral, dan senyawa antioksidan. Bahan pangan lokal seperti pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor memiliki potensi besar sebagai alternatif pangan fungsional karena kandungan gizinya yang mendukung pengendalian glikemia.

Pati merupakan sumber utama karbohidrat dalam pola konsumsi sehari-hari dan menyumbang sekitar 45–60% dari total asupan energi. Kualitas karbohidrat, terutama yang memiliki indeks glikemik (IG) rendah, memegang peranan penting dalam pengendalian risiko kardiometabolik yang berkaitan dengan diabetes (Livesey and Livesey, 2019; Martínez-gonzález et al., 2020). Produk berbasis pati dengan kandungan pati tercerna lambat (slowly digestible starch / SDS) dan pati resisten yang tinggi terbukti dapat menurunkan respons glikemik dan insulinemik pascaprandial, baik pada individu sehat maupun pada individu dengan resistensi insulin (Muchtadi,

2002; Normand et al., 2017; Boers et al., 2019; Breyton et al., 2020). Selain itu, peningkatan kandungan SDS dan pati resisten dalam pola makan rendah IG dalam jangka panjang berkontribusi terhadap penurunan kadar glukosa darah pascaprandial, perbaikan variabilitas glikemik pada penderita diabetes melitus tipe 2 (Breyton et al., 2020).

Salah satu bahan pangan sumber pati resisten adalah pisang tanduk, yang dalam bentuk tepung termodifikasi dilaporkan memiliki kandungan pati resisten hingga 19% (Palupi, Hapsari and Wattiheluw, 2024). Pisang merupakan sumber alami pati resisten tipe 2 yang tidak mudah dicerna di usus halus sehingga difermentasi oleh mikrobiota usus besar menjadi asam lemak rantai pendek seperti asetat, propionat, dan butirrat (DeMartinoa and Cockburna, 2019; Tan, Kong and Tan, 2019; Dobranowski, 2021; Włodarczyk, 2021). Pati resisten dari pisang dapat menurunkan respons glikemik pascaprandial karena pelepasan glukosa berlangsung lebih lambat, sehingga membantu menjaga kestabilan kadar glukosa darah (Barclay et al., 2021). Selain itu, SCFA berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin serta merangsang sekresi hormon pengatur glukosa seperti GLP-1 dan PYY (Psichas et al., 2014). Berbagai studi menunjukkan bahwa asupan pati resisten, termasuk dari pisang, berpotensi menurunkan glukosa darah puasa dan memperbaiki resistensi insulin, sehingga pisang berpotensi dimanfaatkan sebagai pangan fungsional untuk pencegahan dan pengelolaan diabetes tipe 2 (Bojarczuk et al., 2022).

Kedelai merupakan tanaman lain yang berpotensi sebagai terapi komplementer diabetes melitus dan telah digunakan secara luas secara global. Konsumsi kedelai dilaporkan mampu menurunkan hiperglikemia dan dikaitkan dengan rendahnya kejadian DMT2, khususnya pada populasi Asia (Chauhan et al., 2021; Rowaiye et al., 2024). Efek antidiabetik kedelai dan senyawa fitokimianya dimediasi melalui mekanisme molekuler yang kompleks, termasuk peningkatan sensitivitas dan sekresi insulin, regulasi metabolisme glukosa, serta aktivitas antioksidan dan antiinflamasi (Araújo et al., 2021). Isoflavon kedelai seperti genistein dan daidzein berperan dalam modulasi jalur metabolik utama melalui aktivasi adenosine monophosphate-activated

protein kinase (AMPK), perbaikan sensitivitas insulin melalui penghambatan hexosamine biosynthesis pathway (HBP) dan glutamine:fructose-6-phosphate amidotransferase (GFAT), penghambatan pembentukan advanced glycation end products (AGEs), serta modulasi jalur pensinyalan insulin PI3K/Akt, yang secara keseluruhan berkontribusi terhadap perbaikan homeostasis glukosa (Tuli et al., 2019; Sundaresan, Radhiga and Deivasigamani, 2020; Chitisanukul, Shimada and Tsukamoto, 2022; Lee et al., 2022; Peng et al., 2022; Wu et al., 2023; Kciuk et al., 2025). Proses perkecambahan kedelai menyebabkan perubahan signifikan pada komposisi kimia, ditandai dengan peningkatan kandungan isoflavon dalam bentuk aglikon (genistein dan daidzein), senyawa fenolik, γ -aminobutyric acid (GABA), serta peptida bioaktif, dan penurunan antinutrien. Perubahan ini meningkatkan bioavailabilitas dan aktivitas biologis senyawa aktif, yang berperan dalam pengendalian glukosa darah melalui peningkatan sensitivitas insulin, penghambatan enzim pencernaan karbohidrat, serta perlindungan sel β pankreas (Nolasco et al., 2023; Zhou et al., 2024).

Selain itu, daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman dengan potensi antidiabetes yang tinggi karena mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti polifenol, flavonoid (quercetin dan kaempferol), asam fenolat, vitamin, dan mineral yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, serta antidiabetik (Leone et al., 2015; Ahmad, 2019; Xu, Chen and Guo, 2019; Nova, 2020; Xiao et al., 2020; Anwer et al., 2021; Mthiyane, Dlodla and Ziqubu, 2022). Studi praklinis menunjukkan bahwa daun kelor dapat menurunkan kadar glukosa darah melalui peningkatan sensitivitas insulin, penghambatan enzim pencernaan karbohidrat, modulasi stres oksidatif, serta perbaikan fungsi sel β pankreas. Temuan ini didukung oleh beberapa uji klinis pada manusia yang melaporkan penurunan glukosa darah puasa dan HbA1c setelah suplementasi kelor, meskipun hasilnya bervariasi tergantung dosis, durasi intervensi, dan karakteristik subjek (Crisan et al., 2025; Thanikachalam et al., 2025). Konsumsi teh daun kelor dilaporkan berpotensi menurunkan kadar glukosa darah pada penderita DM2, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai terapi pendukung (Gul et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan pengembangan dan modifikasi ketiga bahan pangan lokal tersebut menjadi produk sereal instan yang mampu berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan gizi penderita diabetes melitus. Sereal instan dirancang menggunakan metode modifikasi yang sederhana sehingga mudah diaplikasikan dan diterapkan oleh penderita DM. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan formulasi sereal instan berbasis pangan fungsional dengan komposisi bahan yang sesuai dengan persyaratan diet diabetes melitus, sebagai upaya mendukung pengendalian glikemia dan peningkatan kualitas pola makan penderita diabetes

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana variasi formulasi pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor terhadap karakteristik organoleptik, kimia, dan fisik sereal instan sebagai kudapan sehat bagi penderita diabetes melitus tipe 2?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai kudapan sehat yang memenuhi persyaratan gizi dan berpotensi mendukung pengendalian glikemia pada penderita diabetes melitus tipe 2

1.4 MANFAAT PENELITIAN

- Memberikan data ilmiah mengenai karakteristik fisiko kimia sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai pangan fungsional rendah indeks glikemik untuk diabetes melitus tipe 2.
- Menjadi referensi pengembangan formulasi kudapan berbasis pati resisten dan serat pangan dari bahan lokal untuk mendukung pengendalian glikemia pada penderita diabetes.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sereal Instan

Sereal merupakan salah satu jenis olahan makanan yang dibuat dari tepung biji-bijian diolah menjadi bentuk serpihan, setrip, ekstrudat, dan siap santap untuk sarapan pagi maupun makanan selingan. Dalam SNI 01-4270-1996, susu sereal adalah serbuk instan yang terbuat dari susu bubuk dan sereal dengan penambahan bahan makanan lain dan atau tanpa tambahan makanan yang diizinkan. Salah satu contoh pangan sereal instan adalah minuman sereal instan atau minuman sereal cepat saji. Umumnya bahan baku yang digunakan pada serbuk minuman sereal adalah bahan yang mengandung karbohidrat tinggi, sereal, dan umbi-umbian. Produk minuman sereal yang sangat praktis dan sangat mudah untuk disajikan menjadi salah satu menu favorit bagi Sebagian besar masyarakat modern. Produk-produk makanan instan dan cepat saji seperti minuman sereal disajikan sebagai menu pilihan untuk sarapan yang cukup populer dan digemari oleh berbagai kalangan masyarakat (ven 2004, Puji 2020).

Menurut data Agricultural And Processed Food Products Export Development Authority (APEDA) pemasaran produk minuman sereal mengalami peningkatan sebesar 4,3% dari tahun 2017 hingga tahun 2025. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi sereal instan meningkatkan resiko diabetes melitus tipe 2. Oleh sebab itu, diperlukan modifikasi sereal instan yang ramah dikonsumsi oleh penderita diabetes melitus (Chanson et al 2015, sun et al 2019). Pengolahan sereal dengan proses pemanasan dan pendinginan menggunakan teknologi industri dapat mengubah kualitas zat gizi dan struktur sereal serta respons glikemik produk yang dihasilkan. Penentu utama respon metabolik diabetes melitus terhadap produk berbasis sereal adalah daya cerna pati. Daya cerna pati berkaitan dengan gelatinisasi pati, struktur fisik dan interaksi antara pati dan senyawa lain dalam sereal. Sehingga diperlukan pemrosesan yang tepat sehingga didapatkan karakteristik produk yang sesuai dengan syarat diet diabetes melitus tipe 2 (Wu et al, 2020).

Pisang Tanduk

Pisang merupakan salah satu komoditi lokal Indonesia dengan kandungan karbohidrat yang tinggi dan sebagian besar terdiri atas pati. Pisang tua mengandung 70-80% pati berdasarkan berat kering dan kadar amilosa berkisar 9,1-17,2%. Kadar amilosa yang tinggi pada pisang menjadikan buah ini dapat dijadikan sebagai salah satu sumber alternatif pembuatan pati resisten (Suloi, 2019). Pisang tanduk mengandung pati resisten 29,6% dengan jenis pati resisten tipe 2 karena bersifat tidak dapat tergelatinisasi secara sempurna. Karakteristik tepung pisang tanduk memiliki daya serap air 0,89% dan daya kembang 2,23 g/g (Musita, 2019).

Kandungan pati resisten pada pisang tanduk berpotensi mengontrol glikemik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi makanan tinggi pati resisten menurunkan glukosa darah puasa, sekresi insulin, dan meningkatkan sensitivitas insulin. Mekanisme pengaturan kadar glukosa darah terkait dengan fungsi pati resisten sebagai sumber prebiotik. Pati resisten tidak dapat dipecah oleh enzim amilase tetapi dapat difermentasi oleh microbiota di usus besar sehingga menghasilkan metabolit penting, yaitu short chain fatty acid (SCFA). Salah satu jenis SCFA adalah butirat yang dapat menginduksi sel L untuk menyekresikan hormon inkretin. Bentuk utama hormon inkretin adalah glucagon like peptide 1 (GLP-1) yang berfungsi mengontrol glukosa darah puasa, meningkatkan sekresi insulin, merangsang ekspresi gen insulin, menghambat sintesis glukagon, dan menunda pengosongan lambung (Zhang et al, 2015).

Kandungan serat yang tinggi pada pisang turut berkontribusi pada penurunan nilai indeks glikemik. Diet cukup serat menyebabkan terjadinya kompleks karbohidrat dan serat, sehingga daya cerna karbohidrat berkurang. Keadaan tersebut mampu meredam kenaikan glukosa darah sehingga tetap terkontrol. Selain itu serat juga menghambat aktivitas pencernaan sehingga proses pencernaan Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan state of the art dalam bidang yang diteliti. Bagan dapat dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil

penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir. Penulisan sitasi menggunakan Vancouver style berdasar nomor urut kemunculan di teks) khususnya pati menjadi lambat dan respon glukosa akan lebih rendah (Santoso 2011, Trinidad et al 2010).

Kedelai

Kedelai merupakan sumber protein nabati, serat makanan, asam lemak tak jenuh ganda, stigmasterol, dan isoflavone. Kedelai merupakan satu-satunya sumber protein dengan kandungan asam amino lengkap yang berasal dari tumbuhan. Kandungan protein pada kedelai sekitar 30-40% dengan komposisi yang mirip dengan asam amino esensial pada manusia (Chatterjee et al, 2018). Protein hewani juga mengandung asam amino esensial namun kaya lemak jenuh dan kolesterol. Kedelai tidak mengandung kolesterol dan memiliki kandungan metionin dan branched-chain amino acids (BCAA) lebih rendah dibandingkan protein hewani (Zuo et al, 2023). Konsumsi BCAA yang berlebih menyebabkan gangguan metabolisme seperti resiko obesitas, resistensi insulin, kanker, gagal jantung, dan diabetes melitus tipe 2 (Neinast et al, 2019).

Kandungan stigmasterol pada kedelai meningkatkan glukosa darah dan menginduksi regenerasi sel beta dengan meningkatkan translokasi GLUT4 dan resistensi insulin (Bakrim, 2022). Jenis isoflavon pada kedelai dalam bentuk fitoestrogen yang terikat pada reseptor estrogen pada jaringan yang berbeda sehingga mempunyai efek regulator dua arah pada hormon estrogen dan endogen. Hal ini menimbulkan terjadinya keseimbangan kadar estrogen pada wanita (Zuo et al, 2023). Isoflavon memiliki efek perlindungan pada jantung dan perkembangan penyakit diabetes melitus melalui perannya sebagai fitoestrogen dan antioksidan (Im, 2021). Kedelai juga kaya akan asam lemak tak jenuh (oleat dan linoleat) dan serat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi asam lemak linoleat menurunkan resiko diabetes melitus dengan cara mengontrol kadar glukosa darah dan meningkatkan sensitivitas insulin (Belury, 2018). Kelor Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tumbuhan yang tinggi protein, vitamin, dan mineral. Daun kelor yang

dikeringkan mengandung 0.36 ± 0.04 mg/100 g Copper (Cu); 5.80 ± 0.68 mg/100 g Manganese (Mn); 20.96 ± 1.37 mg/100 g Iron (Fe); 6.79 ± 1.82 mg/100 g Zn; and 21.42 ± 1.67 mg/100 g β -carotene. Kandungan vitamin A tepung daun kelor 4 kali lebih banyak dari wortel, 7 kali lebih banyak vitamin C dibandingkan jeruk, 2 kali lebih banyak potassium daripada pisang, lebih banyak zat besi dibandingkan bayam, lebih banyak mengandung kalsium dibandingkan susu dan lebih banyak mengandung protein dibandingkan telur (Glover et al, 2017, Fatoumata, 2020). Aktivitas hipoglikemik diduga karena adanya antioksidan seperti flavonoid, quercetin dan kaempferol, polifenol dan vitamin, di bagian tanaman yang berbeda (Adeeyo, 2013). Quercetin secara signifikan meningkatkan aktivitas hati glukokinase seperti insulin. Daun kelor mengandung terpenoid yang berperan dalam stimulasi sel beta pancreas dan sekresi insulin. Senyawa lain yang ditemukan pada daun kelor seperti isothiocyanates mengurangi resistensi insulin dan glukoneogenesis hati (Konmy, 2016).

Kandungan mineral yang tinggi pada kelor seperti kalsium, magnesium, dan selenium ikut berperan dalam mencegah komplikasi diabetes melitus. Homeostasis kalsium berperan penting dalam sekresi dan resistensi insulin. Gangguan homeostasis akan berdampak pada sekresi insulin dan mempengaruhi komplikasi vaskular pada pasien diabetes melitus. Mineral magnesium berperan dalam metabolisme karbohidrat yaitu sebagai kofaktor pergerakan glukosa masuk ke dalam sel. Kekurangan asupan magnesium akan menurunkan ketahanan sel terhadap stress oksidatif yang disebabkan kondisi diabetes sehingga mempercepat komplikasi pada pasien diabetes. Selanjutnya, mineral selenium berperan pada aktivitas enzim glutathione peroxidase yang berfungsi untuk menurunkan produksi reaktif oxygen spesies (ROS) karena kondisi diabetes (Dubey et al, 2020, Steinbrenner et al, 2022).

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 TUJUAN PENELITIAN

3.1.1 TUJUAN UMUM

Mengembangkan sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai kudapan sehat yang memenuhi persyaratan gizi dan berpotensi mendukung pengendalian glikemia pada penderita diabetes melitus tipe 2.

3.1.2 TUJUAN KHUSUS

Tujuan khusus penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi formulasi pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor terhadap karakteristik kimia, fisik, dan organoleptik sereal instan sebagai kudapan sehat bagi penderita diabetes melitus tipe 2.
2. Menentukan kandungan gizi utama (energi, protein, lemak, karbohidrat, air, abu, serat pangan, dan pati resisten) serta memperkirakan potensi respon glikemik sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor untuk mendukung pengendalian glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2.

3.2 MANFAAT PENELITIAN

1. Memberikan data ilmiah mengenai karakteristik fisik, kimia, gizi, dan potensi respon glikemik sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai pangan fungsional rendah indeks glikemik untuk diabetes melitus tipe 2.
2. Menjadi referensi pengembangan formulasi kudapan berbasis pati resisten dan serat pangan dari bahan lokal untuk mendukung pengendalian glikemia pada penderita diabetes.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan April – November 2025. Penepungan, pembuatan sereal instan, dan uji organoleptik akan dilaksanakan di laboratorium ilmu teknologi pangan Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Malang, sedangkan analisis kadar gizi akan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Brawijaya.

4.2 Formula Sereal instan

Berikut formulasi Sereal instan:

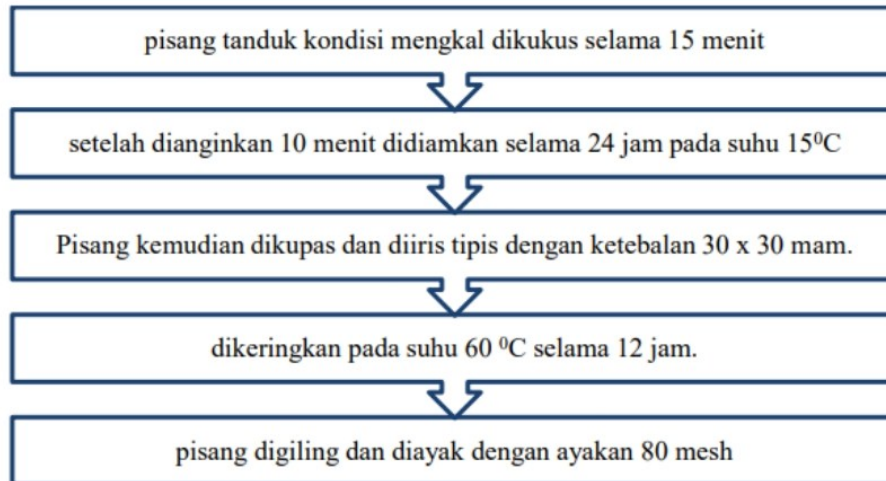
Tabel 4.1 Formulasi Sereal instan

Bahan	P1 (30 : 70)	P2 (40 : 60)	P3 (50 : 50)	P4 (60 : 40)
Tepung Pisang Tanduk	12	15	18	21
Tepung Kelor	2	2	2	2
Tepung Kecambah Kedelai	18	15	12	9
Susu Skim	10	10	10	10
Telur Ayam	10	10	10	10
Minyak Kelapa	5	5	5	5
Tepung Tapioka	28	28	28	28
Tepung Terigu	15	15	15	15
Susu Skim	15	15	15	15
Susu Full Cream	15	15	15	15

Desain penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu substitusi tepung pisang tanduk dengan taraf perlakuan yang berbeda. Perlakuan formulasi disesuaikan dengan kebutuhan gizi pada pasien diabetes melitus yaitu karbohidrat 45 – 60%, protein 10 - 20%, lemak.

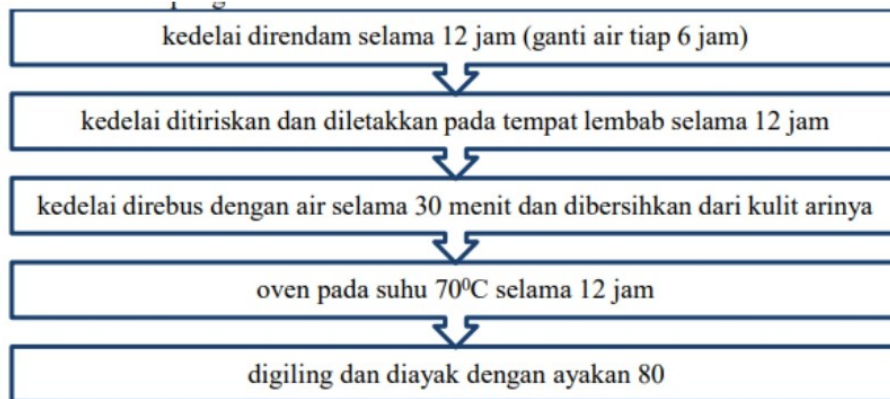
Penelitian Tahap 1

a. Pembuatan Pisang Tanduk



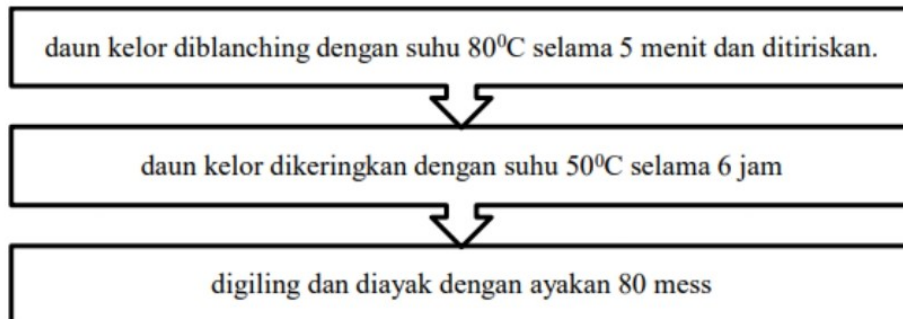
Gambar 1. Diagram alir pembuatan tepung pisang tanduk modifikasi Rosida (40)

b. Pembuatan Tepung Kecambah Kedelai



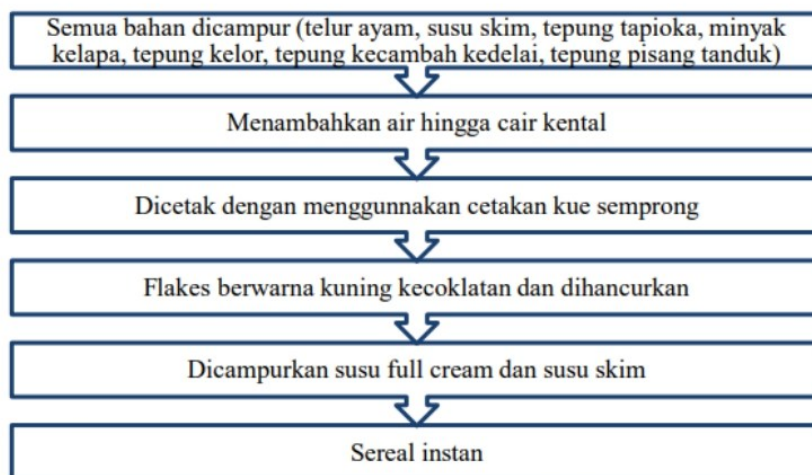
Gambar 2. Diagram alir pembuatan tepung kecambah kedelai modifikasi Astawan (41)

c. Pembuatan tepung daun kelor



Gambar 3. Diagram alir pembuatan tepung daun kelor modifikasi kurniawati (42)

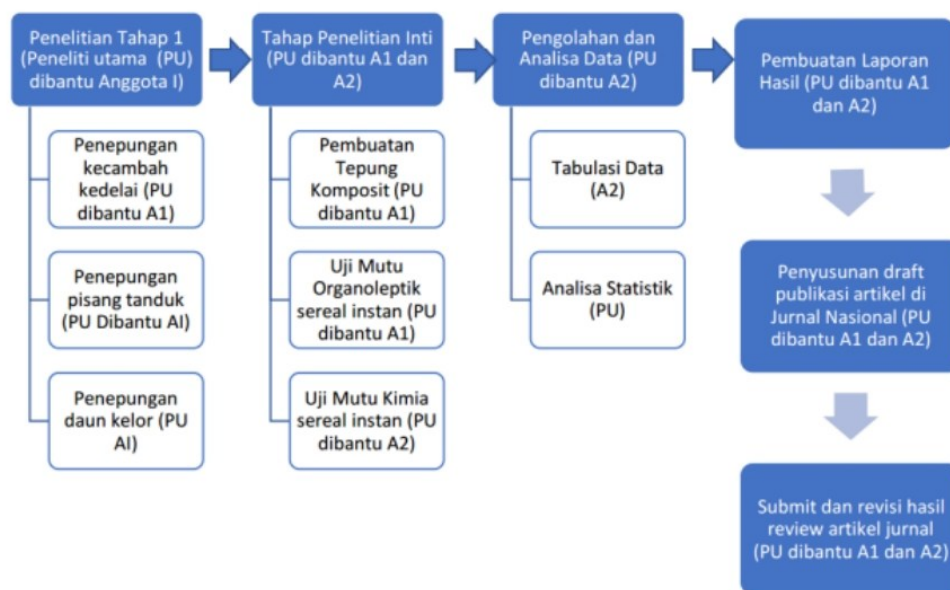
Penelitian Tahap 2



Gambar 4. Diagram alir pembuatan tepung komposit dan sereal instan modifikasi rahayu et al., (43)

Metode analisis kimia yang dilakukan meliputi : kadar air metode gravimetri, kadar abu metode dry ashing, kadar protein metode mikro kjeldahl, kadar lemak metode soxhlet, kadar karbohidrat by different, kadar serat kasar, dan kadar pati resisten

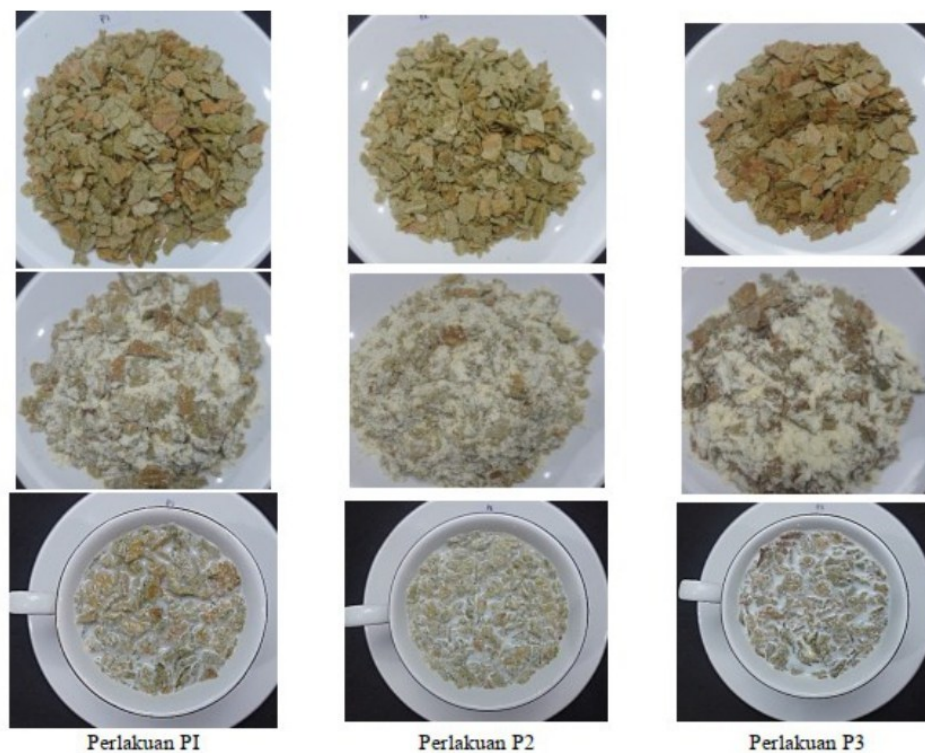
(AOAC, 2005). Uji organoleptik berupa uji hedonik menggunakan panelis semi terlatih yaitu mahasiswa Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Malang sebanyak 30 Mahasiswa. Data analisis proksimat ditabulasi dan dirata-ratakan menggunakan Microsoft Excel, sedangkan data hasil uji organoleptik dianalisis secara deskriptif menggunakan skor modus masing-masing perlakuan. Semua data dilakukan uji normalitas data menggunakan software SPSS. Bila data terdistribusi normal dilakukan uji ANOVA dengan tingkat kemaknaan 0,05 dilanjutkan uji lanjut dengan uji Duncan. Apabila data tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji Mean Whitney dilanjutkan Kruskal Wallis.



BAB V

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Penelitian dengan judul pengembangan sereal instan berbasis pisang tanduk, kedelai, dan daun kelor sebagai kudapan sehat bagi penderita diabetes melitus tipe 2 dengan rentang waktu pelaksanaan satu tahun. Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu, uji organoleptik dan uji proksimat (kadar air, abu, serat, protein, lemak, karbohidrat, dan energi). Pembuatan formulasi flakes dan sereal instan yang dihasilkan sesuai dengan standar diet diabetes mellitus tipe 2 yaitu karbohidrat 45 – 60%, protein 10 -20%, lemak <35% dan kadar serat minimal 5 gram/ 1000 kalori (1) Sereal instan yang dihasilkan pada penelitian ini berupa campuran bubuk halus dan serpihan flakes yang mudah direhidrasi dengan air. Produk tersusun dari bahan dasar kecambah kedelai, daun kelor, dan pisang tanduk. Penambahan tepung pisang tanduk memengaruhi karakteristik sensori produk, terutama aroma dan rasa. Peningkatan proporsi tepung pisang tanduk menghasilkan aroma flakes yang lebih harum serta cita rasa khas pisang tanduk yang semakin dominan. Pada formulasi dengan proporsi pisang tanduk yang lebih rendah masih terdeteksi after taste getir dari daun kelor, namun peningkatan proporsi tepung pisang tanduk mampu menekan hingga menghilangkan after taste tersebut sehingga menghasilkan rasa yang lebih seimbang dan dapat diterima (Gambar 1).



Gambar 1. Sereal instan Kepilor tiap Taraf Perlakuan

Segi aspek fisik, flakes memiliki tekstur renyah dengan rasa relatif netral. Setelah direhidrasi, produk membentuk sereal instan siap seduh dengan cita rasa gurih manis dan tingkat kekentalan yang menyerupai sereal instan komersial. Warna sereal instan cenderung hijau kekuningan sebagai hasil kombinasi pigmen alami daun kelor dan pisang tanduk, dengan intensitas warna yang meningkat seiring bertambahnya proporsi tepung pisang tanduk. Secara keseluruhan, karakteristik sensori dan fisik sereal instan berbahan kecambah kedelai, pisang tanduk, dan daun kelor (Kepilor) menunjukkan potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai produk sereal instan berbasis pangan lokal.

Tabel 1. Rendemen Flakes isian Minuman Sereal Instan Kepilor

Perlakuan	Rendemen (%)
P1	74,8%
P2	76,7%
P3	80,4%

Sumber : Data Primer

Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan proporsi tepung pisang tanduk meningkatkan rendemen flakes sereal instan Kepilor. Peningkatan rendemen tersebut berkaitan dengan tingginya kandungan pati dan serat pada tepung pisang tanduk yang mendukung pembentukan struktur flakes yang lebih stabil selama proses pemasakan dan pengeringan. Pati berperan dalam pembentukan matriks produk melalui proses gelatinisasi pada tahap pemanasan, sehingga mampu menurunkan kehilangan bahan selama (1–3). Selain itu, kemampuan serat pangan dalam menahan air membantu pembentukan massa yang lebih koheren dan berkontribusi pada peningkatan rendemen produk akhir.

Uji Organoleptik

Tabel 1. Rata-rata dan Modus Tingkat Kesukaan Minuman Sereal Instan Kepilor

Perlakuan	Warna		Aroma		Rasa		Kekentalan	
	Rata-rata	Modus	Rata-rata	Modus	Rata-rata	Modus	Rata-rata	Modus
P1	6.43 ± 1.79 ^a	7	6.80 ± 1.47 ^a	8	6.10 ± 1.71 ^a	7	6.67 ± 1.42 ^a	7
P2	6.73 ± 1.68 ^a	7	7.30 ± 1.14 ^a	7	7.17 ± 1.11 ^b	7	6.93 ± 1.17 ^a	7
P3	6.53 ± 1.61 ^a	7	7.53 ± 0.82 ^a	8	6.23 ± 1.61 ^a	7	6.60 ± 1.61 ^a	7
p-value	0,654		0,162		0,025		0,802	

Keterangan : berdasarkan uji Kruskal Wallis ($p < 0.05$) sehingga dilakukan uji lanjut. Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (uji lanjut Man Whitney $\alpha = 5\%$)

Uji organoleptik terhadap minuman sereal instan kepilor dilakukan untuk mengevaluasi tingkat penerimaan panelis terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan kekentalan pada setiap formulasi. Berdasarkan nilai rata-rata, panelis menunjukkan tingkat penerimaan yang berkisar dari agak suka hingga sangat suka, dengan atribut warna berada pada kategori agak suka, aroma pada kategori suka hingga sangat suka, serta rasa dan kekentalan pada kategori agak suka hingga suka. Meskipun demikian,

jika ditinjau berdasarkan nilai modus, seluruh atribut pada setiap perlakuan memperoleh skor minimal 7, yang menunjukkan bahwa mayoritas panelis menyukai produk sereal instan yang dihasilkan pada semua taraf perlakuan. Atribut rasa menunjukkan tingkat kesukaan yang lebih tinggi pada perlakuan P1 dan P3, yang mengindikasikan bahwa formulasi tersebut memiliki karakter rasa yang menonjol bagi panelis.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan tepung pisang tanduk tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap atribut warna, aroma, dan kekentalan minuman sereal instan kepilor, namun berpengaruh signifikan terhadap atribut rasa. Perlakuan P2 berbeda secara nyata dibandingkan P1 dan P3, dengan skor kesukaan sebesar 7 yang menunjukkan bahwa panelis menyukai rasa produk pada formulasi tersebut. Temuan ini diperkuat oleh data modus yang menunjukkan bahwa seluruh panelis memberikan skor minimal 7 pada setiap atribut dan perlakuan, menandakan tingkat penerimaan yang baik secara keseluruhan. Secara deskriptif, peningkatan proporsi tepung pisang tanduk cenderung meningkatkan aroma harum pada flakes, yang sejalan dengan laporan Carvalho dan Conti-Silva (2018) bahwa penambahan pisang pada produk komposit tepung dapat memperkuat aroma buah dan rasa manis khas pisang (Carvalho and Conti-Silva, 2018).

Rasa pada minuman sereal instan kepilor menunjukkan adanya indikasi after taste kelor yang sedikit getir, terutama pada formulasi dengan proporsi tepung pisang tanduk yang lebih rendah. Namun, pada perlakuan P2, peningkatan proporsi tepung pisang tanduk menghasilkan dominasi rasa khas pisang tanduk dan menurunkan intensitas after taste kelor, sehingga panelis lebih menyukai formulasi ini. Temuan tersebut didukung oleh hasil uji statistik yang menunjukkan bahwa atribut rasa pada perlakuan P2 berbeda signifikan dibandingkan P1 dan P3. After taste getir pada produk berbasis kelor merupakan tantangan umum dalam pengembangan pangan, yang berkaitan dengan kandungan senyawa fitokimia seperti glukosinolat dan senyawa fenolik yang dapat meninggalkan rasa pahit atau herbal setelah konsumsi (Anwar *et al.*, 2007; Leone *et al.*, 2016). Pada penelitian ini, keberhasilan perlakuan P2 dalam menekan after taste kelor diduga disebabkan oleh kemampuan rasa manis dan aroma

khas tepung pisang tanduk dalam menutupi rasa getir tersebut, yang diperkuat oleh kontribusi rasa gurih dari kecambah kedelai sehingga menghasilkan profil rasa yang lebih seimbang dan dapat diterima panelis (Carvalho and Conti-Silva, 2018).

Tekstur flakes yang dihasilkan menunjukkan karakter renyah, sedangkan setelah direhidrasi minuman sereal instan memiliki cita rasa gurih-manis dengan konsistensi yang menyerupai sereal instan komersial. Karakteristik ini berkaitan dengan sifat fisik tepung pisang tanduk yang berpengaruh terhadap struktur dan tekstur produk pangan. Khoozani et al. (2020) melaporkan bahwa penggunaan green banana flour dapat memodifikasi struktur adonan dan menghasilkan tekstur yang lebih padat dibandingkan kontrol. Temuan tersebut mendukung bahwa penambahan tepung pisang tanduk dalam formulasi flakes berkontribusi terhadap terbentuknya tekstur renyah setelah proses pengeringan atau pemanggangan (Khoozani, Kebede and Bekhit, 2020).

Selain memengaruhi tekstur, peningkatan proporsi tepung pisang tanduk juga berkontribusi terhadap perubahan warna produk. Beberapa penelitian melaporkan bahwa substitusi tepung terigu dengan tepung pisang tanduk cenderung menurunkan kecerahan dan meningkatkan intensitas warna kekuningan hingga kecoklatan pada produk akhir. Bashmil et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi tepung pisang menghasilkan warna produk yang lebih pekat akibat perbedaan pigmen alami serta terjadinya reaksi pencoklatan non-enzimatis. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian ini, di mana penambahan tepung pisang tanduk menyebabkan warna flakes sereal instan menjadi lebih pekat dengan kecenderungan hijau kekuningan. Berdasarkan hasil uji organoleptik pada penelitian ini, atribut rasa menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan, sementara warna, aroma, dan kekentalan tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tepung pisang tanduk terutama mempengaruhi persepsi rasa pada minuman sereal instan tanpa memberikan dampak besar terhadap atribut sensori lainnya. Namun, karena literatur terkait kombinasi tepung pisang, kedelai, dan daun kelor dalam produk sereal instan masih sangat terbatas, hasil ini menjadi temuan awal yang dapat menjadi dasar penelitian lanjutan.

Tabel 2. Rendemen Flakes isian Minuman Sereal Instan Kepilor

Perlakuan	Rendemen (%)
P1	74,8%
P2	76,7%
P3	80,4%

Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan proporsi tepung pisang tanduk meningkatkan rendemen flakes sereal instan kepilor. Hal ini berkaitan dengan tingginya kandungan pati dan serat pada tepung pisang yang mendukung pembentukan struktur flakes yang stabil selama proses pengeringan melalui mekanisme gelatinisasi pati, sehingga kehilangan bahan dapat diminimalkan (Lawalata, Paulus and Tetelepta, 2018; Science, 2018; Tan, Kong and Tan, 2019). Selain itu, kemampuan serat pangan dalam menahan air membantu pembentukan massa yang lebih koheren dan berkontribusi terhadap peningkatan rendemen produk akhir (Dewi *et al.*, 2023).

Nilai Energi dan Komposisi Zat Gizi

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis nilai energi dan zat gizi sereal instan kepilor per 100 gram menggunakan uji One-Way ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan formulasi sereal instan (P1, P2, dan P3) tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p > 0,05$) terhadap kadar energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, serta abu, kecuali pada variabel kadar air. Nilai energi berkisar antara 309,69–313,75 kkal/100 g, protein 20,63–20,92 g, lemak 4,92–5,19 g, karbohidrat 66,60–67,10 g, serat 0,79 – 1,08, dan abu 4,65 – 4,77 g dimana semua parameter menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan antar perlakuan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa variasi formulasi bahan dalam sereal instan tidak memberikan perubahan yang berarti pada kandungan makronutrien utama. Sebaliknya, kadar air menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0,030$), dimana perlakuan P3 memiliki kadar air tertinggi ($3,33 \pm 0,22\%$) dibandingkan P1 ($2,57 \pm 0,45\%$) dan P2 ($2,60 \pm 0,07\%$). Perbedaan ini berpotensi dipengaruhi oleh bahan penyusun yang tidak sama dalam setiap perlakuan. Nilai kadar air pada P3 yang lebih tinggi dapat berdampak pada tekstur dan stabilitas penyimpanan produk.

Nilai gizi per 100 gram sereal instan kepilor sudah memenuhi SNI Syarat Mutu Flakes sesuai (SNI 4270:2021) untuk kadar protein (minimal 5%) dan karbohidrat (minimal 60,7%) serta tidak mengandung pemanis buatan seperti sakarin. Namun ada beberapa yang tidak sesuai SNI yaitu kadar abu (maksimal 4%), kadar air (maksimal 3%), dan kadar serat (Maksimal 0,7%). Kadar air pada perlakuan P1 dan P2 sudah memenuhi standar sedangkan pada P3 belum memenuhi standar. Kadar serat tidak memenuhi SNI dikarenakan menyesuaikan kebutuhan serat untuk Pangan Diet Khusus Makanan Khusus Diabetes berdasarkan peraturan BPOM No 24 Tahun 2020 dimana dalam 100 kalori mengandung 1-1,75 gram serat. Namun berdasarkan PKMK kandungan seratnya juga belum memenuhi standar.

Tabel 3. Nilai Energi dan Zat Gizi Sereal Instan Kepilor per 100 gram

Taraf Perlakuan	Energi (Kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (g)	Abu (g)
P1	313,75 ± 3,08 ^a	20,64 ± 0,22 ^a	5,04 ± 0,23 ^a	67,10 ± 0,28 ^a	0,79 ± 0,16 ^a	2,57 ± 0,45 ^a	4,65 ± 0,07 ^a
P2	313,12 ± 2,22 ^a	20,92 ± 0,20 ^a	5,19 ± 0,26 ^a	66,60 ± 0,19 ^a	1,08 ± 0,94 ^a	2,60 ± 0,07 ^a	4,69 ± 0,12 ^a
P3	309,69 ± 1,60 ^a	20,63 ± 0,37 ^a	4,92 ± 0,13 ^a	66,69 ± 0,48 ^a	1,05 ± 0,47 ^a	3,33 ± 0,22 ^b	4,77 ± 0,08 ^a
<i>p-value</i>	0,820	0,398	0,353	0,160	0,820	0,030	0,334

Keterangan : berdasarkan uji One-way ANOVA ($p < 0.05$) sehingga dilakukan uji lanjut. Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* $\alpha = 5\%$)

Tabel 4. Nilai Energi dan Zat Gizi Sereal Instan Kepilor per sajian (27 gram sereal instan dan 1,5 gram / 1/4 sendok teh minyak kedelai)

Taraf Perlakuan	Energi (Kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Serat (g)	Kepadatan Energi (kkal/ml)
P1	120,51 ± 0,73 ^a	5,57 ± 0,59 ^a	2,86 ± 0,06 ^a	18,12 ± 0,07 ^a	0,21 ± 0,04 ^a	0,602 ± 0,003 ^a
P2	120,63 ± 0,34 ^a	5,65 ± 0,54 ^a	2,90 ± 0,07 ^a	17,98 ± 0,05 ^a	0,29 ± 0,25 ^a	0,603 ± 0,001 ^a
P3	119,40 ± 0,10 ^b	5,57 ± 0,99 ^a	2,83 ± 0,03 ^a	17,92 ± 0,17 ^a	0,28 ± 0,13 ^a	0,597 ± 0,0005 ^b
<i>p-value</i>	0,036	0,398	0,353	0,160	0,820	0,036

Hasil analisis nilai energi dan zat gizi sereal instan Kepilor pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan energi per sajian berbeda signifikan antar perlakuan, dengan nilai berkisar antara 119,40 hingga 120,63 kkal, di mana P2 memiliki energi tertinggi dan P3 terendah. Sementara itu, kandungan protein (5,57–5,65 g), lemak (2,83–2,90 g), karbohidrat (17,92–18,12 g), dan serat pangan (0,21–0,29 g) tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antar perlakuan ($p > 0,05$), menunjukkan bahwa variasi proporsi tepung pisang tanduk tidak memengaruhi komposisi

makronutrien secara signifikan. Kepadatan energi menunjukkan perbedaan signifikan, di mana P3 memiliki nilai terendah dibandingkan P1 dan P2. Per sajian pada sereal instan Kepilor adalah 27 gram bubuk sereal instan yang dilarutkan dalam 180 ml air hangat di suhu 80 derajat celcius sehingga menghasilkan sekitar 200 ml minuman sereal. Saran penyajian untuk sereal instan ditambahkan 1,5 ml minyak kedelai yang setara dengan ¼ sendok teh dalam ukuran rumah tangga untuk meningkatkan asupan lemak tidak jenuh ganda.

Tabel 3. Perbandingan Persentase Zat Gizi Sereal Instan Kepilor per Sajian 27 gram sereal instan dan 1,5 gram / 1 sendok teh minyak kedelai) dibandingkan Standar

Taraf Perlakuan	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
P1	18,50 ± 0,25 ^a	21,36 ± 0,34 ^a	60,13 ± 0,12 ^a
P2	18,73 ± 0,24 ^a	21,64 ± 0,46 ^a	59,63 ± 0,24 ^a
P3	18,66 ± 0,26 ^a	21,31 ± 0,26 ^a	60,03 ± 0,56 ^a
Standar PKMK**	10-20%	20-25%	45-65%
Diet Diabetes Melitus *	10-20%	<35%	45-60%
<i>p-value</i>	0,622	0,523	0,271

Ket : *) Forouhi et al. 2018

**) Peraturan BPOM no 24 Tahun 2020

Hasil analisis komposisi makronutrien pada sereal instan Kepilor menunjukkan bahwa proporsi protein pada ketiga perlakuan berada pada kisaran 18,50–18,73%, dan tidak berbeda signifikan antar perlakuan ($p = 0,622$). Kandungan lemak juga relatif serupa pada seluruh formulasi, yaitu antara 21,31–21,64%, tanpa adanya perbedaan bermakna ($p = 0,523$). Demikian pula kadar karbohidrat, yang berkisar antara 59,63–60,13%, tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p = 0,271$). Seluruh nilai makronutrien ini berada dalam rentang standar PKMK (10–20% protein, 20–25% lemak, 45–65% karbohidrat) serta sesuai dengan kriteria diet Diabetes Melitus tipe 2 (10–20% protein, lemak <35%, karbohidrat 45–60%). Dengan demikian, ketiga formulasi sereal instan Kepilor memiliki profil komposisi zat gizi makro yang memenuhi standar nasional dan rekomendasi diet DM, serta menunjukkan bahwa perbedaan proporsi tepung pisang tanduk tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap distribusi makronutrien produk.

Penambahan tepung pisang kepok cenderung meningkatkan kadar air, abu, dan serat pada sereal kepilor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena perbedaan

komposisi bahan pada formulasi. Penambahan tepung daun kelor berfungsi untuk menambahkan vitamin dan mineral pada produk. Selanjutnya, penambahan tepung pisang tanduk untuk meningkatkan kadar serat dan meningkatkan kadar pati pada sereal instan kepilor.

Kandungan abu dikaitkan dengan kandungan mineral dalam suatu bahan. Kandungan mineral utama berasal dari tepung daun kelor dan tepung kecambah kedelai. Kandungan mineral yang tinggi pada kelor seperti kalsium, magnesium, dan selenium ikut berperan dalam mencegah komplikasi diabetes melitus. Homeostasis kalsium berperan penting dalam sekresi dan resistensi insulin. Gangguan homeostasis akan berdampak pada sekresi insulin dan mempengaruhi komplikasi vaskular pada pasien diabetes melitus. Mineral magnesium berperan dalam metabolisme karbohidrat yaitu sebagai kofaktor pergerakan glukosa masuk ke dalam sel. Kekurangan asupan magnesium akan menurunkan ketahanan sel terhadap stress oksidatif yang disebabkan kondisi diabetes sehingga mempercepat komplikasi pada pasien diabetes. Selanjutnya, mineral selenium berperan pada aktivitas enzim glutathione peroxidase yang berfungsi untuk menurunkan produksi reaktif oxygen spesies (ROS) karena kondisi diabetes (Dubey, Thakur and Chattopadhyay, 2020; Steinbrenner, Duntas and Rayman, 2022).

Kadar karbohidat sereal instan kepilor per 100 gram belum syarat diabetes melitus dan PKMK Diabetes melitus. Oleh sebab itu, takaran saji 27 gram sereal instan kepilor ditambahkan minyak kedelai $\frac{1}{4}$ sendok teh yang setara dengan 1,5 ml kemudian dilarutkan dalam air 180 ml sehingga mencapai 200 ml tiap sajian. Sumber karbohidrat dan variasi sumber karbohidrat berasal dari tepung pisang tanduk. Penambahan tepung tersebut untuk meningkatkan sumber serat dan pati resisten pada sereal instan kepilor yang dihasilkan.

Kandungan pati resisten pada pisang tanduk berpotensi mengontrol glikemik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi makanan tinggi pati resisten menurunkan glukosa darah puasa, sekresi insulin, dan meningkatkan sensitivitas insulin. Mekanisme pengaturan kadar glukosa darah terkait dengan fungsi pati resisten sebagai sumber prebiotik. Pati resisten tidak dapat dipecah oleh enzim amilase tetapi dapat difermentasi oleh microbiota di usus besar sehingga menghasilkan metabolit

penting, yaitu *short chain fatty acid* (SCFA). Salah satu jenis SCFA adalah butirat yang dapat menginduksi sel L untuk menyekresikan hormon inkretin. Bentuk utama hormon inkretin adalah *glucagon like peptide 1* (GLP-1) yang berfungsi mengontrol glukosa darah puasa, meningkatkan sekresi insulin, merangsang ekspresi gen insulin, menghambat sintesis glukagon, dan menunda pengosongan lambung (Zhang *et al.*, 2015; Priyadarshini *et al.*, 2017).

Kandungan protein pada sereal instan berasal dari tepung kecambah kedelai, susu skim, dan telur. Penambahan kecambah kedelai selain untuk meningkatkan kadar protein, juga karena zat aktif pada kedelai dan susunan asam aminonya yang sesuai untuk pasien diabetes melitus tipe 2. Kedelai merupakan satu-satunya sumber protein dengan kandungan asam amino lengkap yang berasal dari tumbuhan. Kandungan protein pada kedelai sekitar 30-40% dengan komposisi yang mirip dengan asam amino esensial pada manusia (Chatterjee, Gleddie and Xiao, 2018). Protein hewani juga mengandung asam amino esensial namun kaya lemak jenuh dan kolesterol. Kedelai tidak mengandung kolesterol dan memiliki kandungan metionin dan branched-chain amino acids (BCAA) lebih rendah dibandingkan protein hewani (Zuo *et al.*, 2023). Konsumsi BCAA yang berlebih menyebabkan gangguan metabolisme seperti resiko obesitas, resistensi insulin, kanker, gagal jantung, dan diabetes melitus tipe 2 (Neinast *et al.*, 2019). Kandungan stigmasterol pada kedelai meningkatkan glukosa darah dan menginduksi regenerasi sel beta dengan meningkatkan translokasi GLUT4 dan resistensi insulin (Bakrim *et al.*, 2022). Jenis isoflavon pada kedelai dalam bentuk fitoestrogen yang terikat pada reseptor estrogen pada jaringan yang berbeda sehingga mempunyai efek regulator dua arah pada hormon estrogen dan endogen. Hal ini menimbulkan terjadinya keseimbangan kadar estrogen pada wanita (Zuo *et al.*, 2023). Isoflavon memiliki efek perlindungan pada jantung dan perkembangan penyakit diabetes melitus melalui perannya sebagai fitoestrogen dan antioksidan (Im and Park, 2021).

Kandungan lemak pada bahan berasal dari minyak kedelai dan tepung kecambah kedelai. Kedelai kaya akan asam lemak tak jenuh (oleat dan linoleat) dan serat. Proses perkecambahan meningkatkan asam palmitat, stearat, asam linoleat, dan

asam linolenat (Ghani *et al.*, 2016). Beberapa studi menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi asam lemak linoleat menurunkan resiko diabetes melitus dengan cara mengontrol kadar glukosa darah dan meningkatkan sensitivitas insulin (Belury *et al.*, 2018).

Kandungan serat pada sereal instan kepilor tidak berbeda signifikan antar perlakuan yang menunjukkan bahwa variasi formulasi belum memengaruhi kadar serat total produk. Meskipun demikian, serat pangan tetap berperan penting dalam pengelolaan diabetes melitus tipe 2 melalui perlambatan absorpsi glukosa dan penurunan respons glikemik pascaprandial. Tepung pisang mengandung serat pangan dan pati resisten yang difermentasi di usus besar menghasilkan asam lemak rantai pendek, berkontribusi terhadap peningkatan sensitivitas insulin dan homeostasis glukosa (Vernaza & Chang, 2017; Zhang *et al.*, 2019).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi perlakuan (P1, P2, dan P3) berpengaruh signifikan terhadap energi total dan kepadatan energi minuman sereal ($p < 0,05$), namun tidak memberikan pengaruh bermakna terhadap kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan serat ($p > 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa perbedaan formulasi terutama memengaruhi energi per volume produk, yang berkaitan dengan variasi kadar air dan total padatan, bukan perubahan komposisi makronutrien. Hal ini konsisten dengan konsep *dietary energy density*, di mana pangan cair dengan kadar air lebih tinggi cenderung memiliki kepadatan energi lebih rendah tanpa disertai perubahan signifikan pada kandungan makronutrien utama (Bell and Rolls, 2001; Rolls, 2017).

Nilai energi minuman sereal pada seluruh perlakuan berada pada kisaran 119–121 kkal per sajian, yang sesuai dengan rentang energi snack yang umum digunakan dalam intervensi diet diabetes, yaitu sekitar 100–200 kkal per sajian. Standarisasi energi snack dalam kisaran tersebut bertujuan untuk mencegah kelebihan asupan energi sekaligus menjaga kestabilan glukosa darah pascaprandial (Masutomi *et al.*, 2023; Dimopoulou *et al.*, 2024). Perlakuan P3 menunjukkan energi total dan kepadatan energi paling rendah ($\pm 0,60$ kkal/ml), yang termasuk kategori kepadatan energi rendah ($< 1,0$ kkal/ml). Diet dengan kepadatan energi rendah secara konsisten dikaitkan dengan

penurunan asupan energi total dan peningkatan rasa kenyang tanpa meningkatkan volume konsumsi pangan, terutama karena kandungan air dan serat yang berperan dalam memperlambat pengosongan lambung (Bell and Rolls, 2001). Pola konsumsi ini juga berhubungan dengan indeks massa tubuh yang lebih rendah dan pengendalian berat badan yang lebih baik, yang merupakan faktor penting dalam pencegahan resistensi insulin dan diabetes melitus tipe 2 (Ledikwe *et al.*, 2006). Lebih lanjut, studi prospektif melaporkan bahwa asupan diet dengan kepadatan energi tinggi meningkatkan risiko kejadian diabetes tipe 2, sedangkan diet dengan kepadatan energi rendah menunjukkan efek protektif terhadap gangguan metabolisme glukosa (Du *et al.*, 2009). Dalam konteks pengembangan pangan fungsional, minuman sereal dengan kepadatan energi rendah berpotensi menjadi alternatif snack yang sesuai bagi individu dengan diabetes karena mampu memberikan rasa kenyang yang memadai dengan kontribusi energi yang lebih terkendali serta mendukung kualitas diet dan pengelolaan glikemik (Drewnowski *et al.*, 2015).

Taraf Perlakuan Terbaik

Taraf Perlakuan Terbaik berdasarkan perhitungan indeks efektivitas didapatkan bahwa beberapa parameter utama sereal instan terpenting berturut-turut adalah kandungan energi, kandungan karbohidrat, atribut rasa, kadar protein, atribut kekentalan, atribut aroma, atribut warna, kadar lemak, kadar air dan kadar abu. Formula sereal instan yang merupakan taraf perlakuan terbaik adalah P2 dengan total skor 0,832. Formulasi terbaik dengan penambahan tepung pisang tanduk 30% dari total padatan (b/b). Takaran saji sereal instan kepilor P2 yaitu 27 gram sereal instan ditambahkan 180 ml air dan ditambahkan $\frac{1}{4}$ sendok teh minyak kedelai. Kandungan gizi tiap sajian P2 memiliki kandungan energi 120 kkal, protein 5,65 gram, lemak 2,9 gram, karbohidrat 17,92 gram, serat 0,29 gram, dan kepadatan energi 0,63 kkal/ml. Formulasi tersebut telah sesuai dengan PKMK diabetes melitus dan standar diet untuk diabetes melitus.

BAB V
JADWAL PENELITIAN

5.1 JADWAL PENELITIAN DOSEN

No	Kegiatan	Tahun 2025											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Pengajuan Proposal Penelitian			√	√								
2	Seleksi Proposal Penelitian				√	√							
3	Presentasi Protokol dan Revisi Protokol					√	√						
4	Pengumpulan Data						√	√	√	√			
5	Pengolahan Data									√	√		
6	Penyusunan Hasil Penelitian										√	√	
7	Presentasi Hasil Penelitian & Publikasi											√	

5.2 USULAN BIAYA PENELITIAN

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	18	200,000	3,600,000
Bahan	ATK	Paket	1	420,000	420,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	4,730,000	4,730,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	1	350,000	350,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Paket	1	300,000	300,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	20	15,000	300,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	24	50,000	1,200,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	900,000	900,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	1	200,000	200,000

DAFTAR PUSTAKA

- Adeeyo AO, Adefule AK, Ofusori DA, Aderinola AA, Caxton-Martins EA. Antihyperglycemic Effects of Aqueous Leaf Extracts of Mistletoe and Moringa Oleifera in Streptozotocin-Induced Diabetes Wistar Rats. *Diabetol Croat*. 2013;42(3):83–90.
- Ahmad, J. (2019) 'Moringa oleifera and glycemic control: A review of current evidence and possible mechanisms', (March), pp. 1–8. doi:10.1002/ptr.6473.
- American Diabetes Association (ADA) (2017) *STANDARDS OF MEDICAL CARE IN DIABETES — 2017 Standards of Medical Care in Diabetes d 2017*.
- American Diabetes Association (ADA) (2024) 'Summary of Revisions: Standards of Care in Diabetes — 2024', 47(January), pp. 5–10.
- Anwar, F. *et al.* (2007) 'Moringa oleifera: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses', *Phytother Res*, 25(November 2006), pp. 17–25. doi:10.1002/ptr.
- Anwer, T. *et al.* (2021) 'Antidiabetic potential of Moringa oleifera Lam . leaf extract in type 2 diabetic rats , and its mechanism of action', 20(January), pp. 95–103.
- AOAC. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists. Washington DC, Method 935.14 and 992.24; 2005.
- Araújo, F. De *et al.* (2021) 'Antidiabetic potential of dietary polyphenols: A mechanistic review', 145(January). doi:10.1016/j.foodres.2021.110383.
- Astawan M. Sehat Bersama Aneka Serat Pangan Alami. solo: tiga serangkai; 2004.
- Bakrim S, Benkhaira N, Bourais I, Benali T, Lee LH, El Omari N, et al. Health Benefits and Pharmacological Properties of Stigmasterol. *Antioxidants*. 2022;11(10):1–32.
- Bakrim, S. *et al.* (2022) 'Health Benefits and Pharmacological Properties of Stigmasterol', *Antioxidants*, 11(10), pp. 1–32. doi:10.3390/antiox11101912.
- Barclay, A.W. *et al.* (2021) 'Dietary Glycaemic Index Labelling: A Global Perspective', pp. 1–22.
- Bell, E.A. and Rolls, B.J. (2001) 'Energy density of foods affects energy intake across multiple levels of fat content in lean and obese women 1 – 3', pp. 1010–1018.
- Belury MA, Cole RM, Snoke DB, Banh T, Angelotti A. Linoleic acid, glycemic control and Type 2 diabetes. *Prostaglandins Leukot Essent Fat Acids* [Internet]. 2018;132:30–3. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2018.03.001>
- Belury, M.A. *et al.* (2018) 'Linoleic acid, glycemic control and Type 2 diabetes', *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 132, pp. 30–33. doi:10.1016/j.plefa.2018.03.001.
- Blaak, E.E. *et al.* (2012) 'Impact of postprandial glycaemia on health and', (October), pp. 923–984. doi:10.1111/j.1467-789X.2012.01011.x.
- Boers, H.M. *et al.* (2019) 'The Rate of Glucose Appearance Is Related to Postprandial Glucose and Insulin Responses in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Stable Isotope Studies', *Journal of Nutrition*, 149(11), pp. 1896–1903. doi:10.1093/jn/nxz150.
- Bojarczuk, A. *et al.* (2022) 'Health benefits of resistant starch: A review of the literature', *Journal of Functional Foods*, 93(May). doi:10.1016/j.jff.2022.105094.

- BPOM (2020) *PERUBAHAN KEDUA ATAS PERATURAN BADAN PENGAWAS OBAT DAN MAKANAN NOMOR 1 TAHUN 2018 TENTANG PENGAWASAN PANGAN OLAHAN UNTUK KEPERLUAN GIZI KHUSUS*.
- Breyton, A. *et al.* (2020) 'Nutrition , Metabolism & Cardiovascular Diseases Starch digestibility modulation signifi cantly improves glycemic variability in type 2 diabetic subjects : A pilot study', *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* [Preprint], (xxxx). doi:10.1016/j.numecd.2020.08.010.
- Carvalho, V.S. and Conti-Silva, A.C. (2018) 'Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile Running Title: Sensory description of cereal bars with banana peel flour Vania Silva Carvalho', *J Sci Food Agric*, 98(1). doi:10.1002/j.
- Chanson-Rolle A, Meynier A, Aubin F, Lappi J, Poutanen K, Vinoy S, et al. Systematic review and meta-analysis of human studies to support a quantitative recommendation for whole grain intake in relation to type 2 diabetes. *PLoS One*. 2015;10(6):1–14.
- Chanson-Rolle, A. *et al.* (2015) 'Systematic review and meta-analysis of human studies to support a quantitative recommendation for whole grain intake in relation to type 2 diabetes', *PLoS ONE*, 10(6), pp. 1–14. doi:10.1371/journal.pone.0131377.
- Chatterjee C, Gleddie S, Xiao CW. Soybean bioactive peptides and their functional properties. *Nutrients*. 2018;10(9):8–11.
- Chatterjee, C., Gleddie, S. and Xiao, C.W. (2018) 'Soybean bioactive peptides and their functional properties', *Nutrients*, 10(9), pp. 8–11. doi:10.3390/nu10091211.
- Chauhan, S. *et al.* (2021) 'Antihyperglycemic and Antioxidant Potential of Plant Extract of Litchi chinensis and Glycine max', pp. 225–233. doi:10.4103/ijnpnd.ijnpnd.
- Chitisankul, W., Shimada, K. and Tsukamoto, C. (2022) 'Antioxidative Capacity of Soyfoods and Soy Active Compounds', *ol. J. Food Nutr. Sci*, 72(1), pp. 101–108. doi:10.31883/pjfn/146562.
- Crisan, D. *et al.* (2025) 'Effects of Moringa oleifera Lam . Supplementation on Cardiometabolic Outcomes : A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials with GRADE Assessment', *Nutrients*, 17, pp. 1–25.
- Dedin Finatsiyatull Rosida dan. Evaluasi Nilai Gizi Tepung Pra-Masak Pisang Tanduk Dan Pisang Raja Nangka [Nutritional Evaluation of Pre-cooked "Tanduk" and "Raja Nangka" Plantain flour]. *Has Penelit J Teknol dan Ind Pangan*. 2011;XXII(2).
- Demangeat, A. *et al.* (2023) 'Complementary Nutritional Improvements of Cereal-Based Products to Reduce Postprandial Glycemic Response', *Nutrien*, 15, pp. 1–11.
- DeMartinoa, P. and Cockburna, D.W. (2019) 'Resistant Starch: Impact on the Gut Microbiome and Health Peter', *Elsevier* [Preprint], (814).
- Dewi, Y.K. *et al.* (2023) 'Utilization of kepok banana flour and tempeh flour in making flakes', 17(4), pp. 768–777. doi:10.21107/agrointek.v17i4.16389.
- Dimopoulou, M. *et al.* (2024) 'Postprandial Glucose Response in Type 2 Diabetes Mellitus Patients and Possible Antioxidant Properties of a Plant-Based Snack

- Bar', pp. 1–20.
- Dobranowski, P.A. (2021) 'Resistant starch , microbiome , and precision modulation', *Gut Microbes*, 13(1), pp. 1–21. doi:10.1080/19490976.2021.1926842.
- Drewnowski, A. *et al.* (2015) 'Energy and nutrient density of foods in relation to their carbon footprint2–4', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(1), pp. 184–191. doi:10.3945/ajcn.114.092486.
- Du, H. *et al.* (2009) 'Dietary Energy Density in Relation to Subsequent Changes of Weight and Waist Circumference in European Men and Women', 4(4). doi:10.1371/journal.pone.0005339.
- Dubey P, Thakur V, Chattopadhyay M. Role of minerals and trace elements in diabetes and insulin resistance. *Nutrients*. 2020;12(6):1–17.
- Dubey, P., Thakur, V. and Chattopadhyay, M. (2020) 'Role of minerals and trace elements in diabetes and insulin resistance', *Nutrients*, 12(6), pp. 1–17. doi:10.3390/nu12061864.
- Fatoumata B, MamadouSaïdou B, Mohamet S, Joseph KS, Modou MG, El HB. Antidiabetic properties of Moringa oleifera: A review of the literature. *J Diabetes Endocrinol*. 2020;11(1):18–29.
- Forouhi, N.G. *et al.* (2018) 'Dietary and nutritional approaches for prevention and management of type 2 diabetes', *BMJ (Online)*, 361(June), pp. 1–9. doi:10.1136/bmj.k2234.
- Ghani, M. *et al.* (2016) 'Soybean Sprouts: A Review of Nutrient Composition, Health Benefits and Genetic Variation', *Plant Breeding and Biotechnology*, 4(4), pp. 398–412. doi:10.9787/pbb.2016.4.4.398.
- Gibney, M.J. (no date) 'OPINION Ultra-Processed Foods : Definitions and Policy', *Current Developments in Nutrition*, 3(2), p. nzy077. doi:10.1093/cdn/nzy077.
- Glover-Amengor M, Aryeetey R, Afari E, Nyarko A. Micronutrient composition and acceptability of Moringa oleifera leaf-fortified dishes by children in Ada-East district, Ghana. *Food Sci Nutr*. 2017;5(2):317–23.
- Gul, P. *et al.* (2025) 'Moringa oleifera in a modern time: A comprehensive review of its nutritional and bioactive composition as a natural solution for managing diabetes mellitus by reducing oxidative stress and inflammation.', *Food Research International*, 115671. [Preprint].
- IDF (2025) *IDF Global Clinical Practice Recommendations for Managing Type 2 Diabetes 2025*.
- Im J, Park K. Association between soy food and dietary soy isoflavone intake and the risk of cardiovascular disease in women: A prospective cohort study in Korea. *Nutrients*. 2021;13(5).
- Im, J. and Park, K. (2021) 'Association between soy food and dietary soy isoflavone intake and the risk of cardiovascular disease in women: A prospective cohort study in Korea', *Nutrients*, 13(5). doi:10.3390/nu13051407.
- Jenkins, D. *et al.* (2021) 'Glycemic Index, Glycemic Load, and Cardiovascular Disease and Mortality', *The new engl and journal of medicine Original*, 14, p. 1312. doi:10.1056/NEJMoa2007123.
- Kciuk, M. *et al.* (2025) 'The Role of Genistein in Type 2 Diabetes and Beyond: Mechanisms and Therapeutic Potential predominant acetylgenistin). These

derivatives undergo enzymatic or heat-induced hydrolysis can further rings (A ring (C), forming a 3-phenylchromen-4-one backbone . The hy oxidant activity (Figure This conversion is particularly pronounced at elevated temperatures (e . g . ', pp. 1–40.

- Khoozani, A.A., Kebede, B. and Bekhit, A.E.A. (2020) 'Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour', *LWT - Food Science and Technology*, p. 109252. doi:10.1016/j.lwt.2020.109252.
- Konmy BB, Abiodoun O, Doko AS. A review on phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves (Moringaceae). *J Pharmacogn Phytochem*. 2016;5(5):325–30.
- Kurniawati I, Fitriyya M, Wijayanti. Karakteristik Tepung Daun Kelor Dengan Metode Pengeringan Sinar Matahari. *J Gizi dan Pangan* [Internet]. 2018;1:238–43. Available from: <http://prosiding.unimus.ac.id>
- Kurniawati, I., Fitriyya, M. and Wijayanti (2018) 'Karakteristik Tepung Daun Kelor Dengan Metode Pengeringan Sinar Matahari', *Jurnal Gizi dan Pangan*, 1, pp. 238–243. Available at: <http://prosiding.unimus.ac.id>.
- Lawalata, V.N., Paulus, P. and Tetelepta, G. (2018) 'Kajian Sifat Kimia dan Organoleptik Flakes Tepung Pisang Tongka Langit (*Musa troglodytarum* L) dan Tepung Jagung (*Zea mays*) Study on the Chemical and Sensory Properties of Flakes Made of Tongka Langit Banana (*Musa troglodytarum*) and Corn (*Zea mays*) Flour', 7(1), pp. 9–15. doi:10.30598/jagritekno.2018.7.1.9.
- Ledikwe, J.H. *et al.* (2006) 'Dietary energy density is associated with energy intake and weight status in US adults 1 – 4', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), pp. 1362–1368. doi:10.1093/ajcn/83.6.1362.
- Lee, Z.Y. *et al.* (2022) 'Nutrition therapy in the older critically ill patients: A scoping review', *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 51(10), pp. 629–636. doi:10.47102/annals-acadmedsg.2022160.
- Leone, A. *et al.* (2015) 'Cultivation , Genetic , Ethnopharmacology , Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves : An Overview', pp. 12791–12835. doi:10.3390/ijms160612791.
- Leone, A. *et al.* (2016) 'Moringa oleifera Seeds and Oil : Characteristics and Uses for Human Health', *International journal of molecular sciences*, 17, pp. 1–14. doi:10.3390/ijms17122141.
- Livesey, G. and Livesey, H. (2019) 'Coronary Heart Disease and Dietary Carbohydrate, Glycemic Index, and Glycemic Load: Dose-Response Meta-analyses of Prospective Cohort Studies', *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, 3(1), pp. 52–69. doi:10.1016/j.mayocpiqo.2018.12.007.
- Martínez-gonzález, M.A. *et al.* (2020) 'Carbohydrate quality changes and concurrent changes in cardiovascular risk factors: a longitudinal analysis in the PREDIMED-Plus randomized trial', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111(2), pp. 291–306. doi:10.1093/ajcn/nqz298.
- Masutomi, H. *et al.* (2023) 'Effects of intake of four types of snack with different timings on postprandial glucose levels after dinner', *European Journal of*

- Nutrition*, 62(5), pp. 2217–2231. doi:10.1007/s00394-023-03138-4.
- Mirrahimi, A. *et al.* (2012) ‘Associations of Glycemic Index and Load With Coronary Heart’, pp. 1–13. doi:10.1161/JAHA.112.000752.
- Mthiyane, F.T., Dlodla, P. V and Ziqubu, K. (2022) ‘A Review on the Antidiabetic Properties of Moringa oleifera Extracts : Focusing on Oxidative Stress and Inflammation as Main Therapeutic Targets’, 13(July), pp. 1–17. doi:10.3389/fphar.2022.940572.
- Muchtadi, D. (2002) *Gizi Untuk bayi*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Musita N. Pati Resistensi Pisang. *Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 2012;14(1):68–79.
- Neinast MD, Cholsoon J, Sheng H, Murashige DS, Chu Q, Morscher RJ, *et al.* Quantitative analysis of the whole-body metabolic fate of branched chain amino acids. *Cell Metab*. 2019;29(2):417–29.
- Neinast, M.D. *et al.* (2019) ‘Quantitative analysis of the whole-body metabolic fate of branched chain amino acids’, *Cell Metab*, 29(2), pp. 417–429. doi:10.1016/j.cmet.2018.10.013.
- Nolasco, E. *et al.* (2023) ‘Sprouting alters metabolite and peptide contents in the gastrointestinal digest of soybean and enhances in-vitro anti-inflammatory activity’, *Journal of Functional Foods*, 109(August), p. 105780. doi:10.1016/j.jff.2023.105780.
- Normand, S. *et al.* (2017) ‘Modulation of Starch Digestibility in Breakfast Cereals Consumed by Subjects with Metabolic Risk : Impact on Markers of Oxidative Stress and Inflammation during Fasting and the Postprandial Period’, 1700212, pp. 1–9. doi:10.1002/mnfr.201700212.
- Nova, E. (2020) ‘Potential of Moringa oleifera to Improve Glucose Control for the Prevention of Diabetes and Related Metabolic Alterations : A Systematic Review of Animal and Human Studies’, pp. 1–28.
- Palupi, F.D., Hapsari, I. and Wattiheluw, M.H. (2024) ‘KARAKTERISTIK MUTU FISIKO-KIMIA TEPUNG PASCA PENGOLAHAN PISANG TANDUK DAN POTENSINYA DALAM DIET PASIEN DIABETES MELITUS TIPE 2’, *Jurnal Media Kesehatan*, 17(2), pp. 77–91.
- Palupi, F.D., Kristianto, Y. and Santoso, A.H. (2022) ‘EFEK PERKECAMBAHAN KEDELAI (Glycine max) TERHADAP MUTU GIZI FORMULA MODISCO GIZI BURUK SUBSTITUSI TEPUNG KECAMBAH KEDELAI The Effect of Soybean Germination (Glycine mac) on Nutritional Quality of Soyprout Flour Substitution Modisco Formula for Malnutr’, 5(2), pp. 60–68. doi:10.33085/jdg.v5i1.5484.
- Peng, Q. *et al.* (2022) ‘Effects of Genistein on Common Kidney Diseases’, pp. 1–27.
- Priyadarshini, M. *et al.* (2017) ‘SCFA Receptors in Pancreatic Beta Cells : Novel Diabetes’, 27(9), pp. 653–664. doi:10.1016/j.tem.2016.03.011.
- Psichas, A. *et al.* (2014) ‘The short chain fatty acid propionate stimulates GLP-1 and PYY secretion via free fatty acid receptor 2 in rodents’, 39(3), pp. 424–429. doi:10.1038/ijo.2014.153.
- Puji E, Rahayu S, Pudjirahaju A. Formulations of tapioca , tofu dregs flour , pumpkin flour as cereal type-2 diabetic. *J Gizi dan Diet Indones*. 2020;8(3):109–17.
- Rolls, B.J. (2017) ‘Dietary energy density : Applying behavioural science to weight

- management', pp. 246–253. doi:10.1111/nbu.12280.
- Rowaiye, A.B. *et al.* (2024) 'Bioactive molecules from soybeans (*Glycine max*) with anti-type 2 diabetes activity : a systematic review', pp. 1–21.
- Santoso A. Serat Pangan (Dietary Fiber) dan Manfaatnya Bagi Kesehatan. Magistra; 2011.
- Schwingshackl, L. *et al.* (2018) 'A network meta-analysis on the comparative efficacy of different dietary approaches on glycaemic control in patients with type 2 diabetes mellitus Studies comparing', *European Journal of Epidemiology*, 33(2), pp. 157–170. doi:10.1007/s10654-017-0352-x.
- Science, E. (2018) 'Chemical and Physical Charaterization of Cereal Flakes Formulated with Broken Rice and Banana Flour Chemical and Physical Charaterization of Cereal Flakes Formulated with Broken Rice and Banana Flour', *Fitriani V Permana L Setiaboma W* [Preprint]. doi:10.1088/1755-1315/258/1/012003.
- Sholihah, R., Santoso, A.H. and Suwita, I.K. (2017) 'Formulasi tepung ikan gabus (*Channa Striata*), Tepung Kecambah Kedelai (*Glycine Max Merr*) Dan Tepung Kecambah Jagung (*Zea Mays*) untuk Sereal Instan Balita Gizi Kurang', *Informasi Kesehatan Indonesia*, 3(2), pp. 132–144.
- Steinbrenner H, Duntas LH, Rayman MP. The role of selenium in type-2 diabetes mellitus and its metabolic comorbidities. *Redox Biol* [Internet]. 2022;50(January):102236. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102236>
- Steinbrenner, H., Duntas, L.H. and Rayman, M.P. (2022) 'The role of selenium in type-2 diabetes mellitus and its metabolic comorbidities', *Redox Biology*, 50(January), p. 102236. doi:10.1016/j.redox.2022.102236.
- Suloi ANF. 92 POTENSI PATI RESISTEN DARI BERBAGAI JENIS PISANG – A REVIEW (Potential Resisten Starch Prepared by Banana – A Review) Andi Nur Fajri Suloi 1*). Potensi Pati Resist Dari Berbagai Jenis Pisang – a Rev. 2019;92–6.
- Sun T, Zhang Y, Huang H, Wang X, Zhou L, Li S, et al. Plasma alkylresorcinol metabolite, a biomarker of whole-grain wheat and rye intake, and risk of ischemic stroke: A case-control study. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2019;109(2):1–3. Available from: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy323>
- Sun, T. *et al.* (2019) 'Plasma alkylresorcinol metabolite, a biomarker of whole-grain wheat and rye intake, and risk of ischemic stroke: A case-control study', *American Journal of Clinical Nutrition*, 109(2), pp. 1–3. doi:10.1093/ajcn/nqy323.
- Sundaresan, A., Radhiga, T. and Deivasigamani, B. (2020) 'Biochanin A , a soy isoflavone , diminishes insulin resistance by modulating insulin-signalling pathway in high-fat diet-induced diabetic mice Biochanin A diminishes insulin resistance in diabetic mice', *Archives of Physiology and Biochemistry*, 0(0), pp. 1–7. doi:10.1080/13813455.2020.1820525.
- Tan, L., Kong, L. and Tan, L. (2019) 'Starch-guest inclusion complexes : Formation , structure , and enzymatic digestion Starch-guest inclusion complexes: Formation , structure , and enzymatic digestion', *Critical Reviews in Food*

- Science and Nutrition*, 0(0), pp. 1–11. doi:10.1080/10408398.2018.1550739.
- Thanikachalam, P.V. *et al.* (2025) 'Therapeutic potential of *Moringa oleifera* Lam. in metabolic disorders: A molecular overview', 15(March), pp. 263–284. doi:10.4103/apjtb.apjtb.
- Trinidad TP, Mallillin AC, Sagum RS, Encabo RR. Glycemic index of commonly consumed carbohydrate foods in the Philippines. *J Funct Foods* [Internet]. 2010;2(4):271–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2010.10.002>
- Tuli, H.S. *et al.* (2019) 'Molecular Mechanisms of Action of Genistein in Cancer: Recent Advances', 10(December), pp. 1–16. doi:10.3389/fphar.2019.01336.
- Venn BJ, Mann JJ. Cereal grains, legumes and diabetes. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58(11):1443–61.
- Włodarczyk, M. (2021) 'Efficiency of Resistant Starch and Dextrins as Prebiotics':
- Wu W, Qiu J, Wang A, Li Z. Impact of whole cereals and processing on type 2 diabetes mellitus: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2020;60(9):1447–74. Available from: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1574708>
- Wu, H. *et al.* (2023) 'Lupenone improves type 2 diabetic nephropathy by regulating NF- κ B pathway-mediated inflammation and TGF- β 1/Smad/CTGF-associated fibrosis.', *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 118, p. 154959. doi:10.1016/j.phymed.2023.154959.
- Wu, W. *et al.* (2020) 'Impact of whole cereals and processing on type 2 diabetes mellitus: a review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), pp. 1447–1474. doi:10.1080/10408398.2019.1574708.
- Xiao, X. *et al.* (2020) 'Moringa oleifera Lam and its Therapeutic Effects in Immune Disorders', 11(December), pp. 1–9. doi:10.3389/fphar.2020.566783.
- Xu, Y., Chen, G. and Guo, M. (2019) 'Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Crude Extracts of *Moringa oleifera* from Kenya and Their Correlations with Flavonoids'.
- Zhang L, Li HT, Shen L, Fang QC, Qian LL, Jia WP. Effect of dietary resistant starch on prevention and treatment of obesity-related diseases and its possible mechanisms. *Biomed Environ Sci.* 2015;28(4):291–7.
- Zhang, L. *et al.* (2015) 'Effect of dietary resistant starch on prevention and treatment of obesity-related diseases and its possible mechanisms', *Biomedical and Environmental Sciences*, 28(4), pp. 291–297. doi:10.3967/bes2015.040.
- Zhou, Q. *et al.* (2024) 'Current Research in Food Science Sprouting facilitates the antiglycative effect of black soybean (*Glycine max* (L .) Merr .) by promoting the accumulation of isoflavones', *Current Research in Food Science*, 9(August), p. 100827. doi:10.1016/j.crfs.2024.100827.
- Zuo X, Zhao R, Wu M, Wan Q, Li T. Soy Consumption and the Risk of Type 2 Diabetes and Cardiovascular Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2023;15(6):1358.
- Zuo, X. *et al.* (2023) 'Soy Consumption and the Risk of Type 2 Diabetes and Cardiovascular Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Nutrients*, 15(6), p. 1358. doi:10.3390/nu15061358.