

PENGARUH INTERVENSI PUDING DENGAN OKRA UNGU TERHADAP KADAR MALONDIALDEHIDA ORANG DEWASA DENGAN DIABETES MELITUS TIPE 2

MITHA FRANCISKA



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU GIZI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN GIZI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengaruh Intervensi Puding dengan Okra Ungu terhadap Kadar Malondialdehida Orang Dewasa dengan Diabetes Melitus Tipe 2” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Mitha Franciska
I1504231030

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

MITHA FRANCISKA. Pengaruh Intervensi Puding dengan Okra Ungu terhadap Kadar Malondialdehida Orang Dewasa dengan Diabetes Melitus Tipe 2. Dibimbing oleh EVY DAMAYANTHI dan ZURAIDAH NASUTION.

Diabetes melitus (DM) menjadi masalah kesehatan utama di seluruh dunia, ditandai dengan hiperglikemia karena kurangnya sekresi insulin dan kerja insulin atau keduanya. Prevalensi diabetes melitus (DM) meningkat setiap tahun, termasuk di Indonesia yang menempati peringkat 5 dunia penderita dewasa (20-79 tahun) DM terbanyak yaitu mencapai 11% (589 juta orang) pada tahun 2025. Angka tersebut diproyeksikan akan meningkat menjadi 46% (853 juta orang) pada tahun 2050. Di Indonesia, hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) menunjukkan bahwa persentase penderita diabetes naik dari 6,9% pada 2013 menjadi 8,5% pada 2018 (Kemenkes 2018). Hasil dari Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 menunjukkan bahwa prevalensi diabetes pada penduduk usia ≥ 15 tahun berdasarkan pemeriksaan gula darah mencapai 11,7% (Kemenkes 2023). Diabetes Melitus Tipe 2 menjadi kasus diabetes yang paling banyak terjadi dengan persentase melebihi 90% dan lebih sering didiagnosis pada orang dewasa (IDF 2025).

Diabetes Melitus Tipe-2 (DMT2) adalah bentuk diabetes yang paling umum dan ditandai oleh resistensi insulin serta gangguan metabolisme lemak, protein, dan karbohidrat. DMT2 juga ditandai oleh resistensi insulin perifer yang menyebabkan penurunan sensitivitas jaringan terhadap insulin. Kondisi tersebut dapat menyebabkan glukosa cenderung tetap berada dalam aliran darah, yang menyebabkan peningkatan sekresi insulin untuk mempertahankan kestabilan kadar glukosa darah (Halim dan Halim 2019). Resistensi insulin yang berlangsung secara kronis dapat menyebabkan disfungsi sel β pankreas dan menurunkan kemampuan pankreas dalam memproduksi insulin. Penurunan fungsi sel β pankreas tersebut berkontribusi terhadap terjadinya hiperglikemia yang semakin memburuk, yang selanjutnya dapat mempercepat kerusakan DNA akibat stres oksidatif pada pankreas (Galicia-Garcia *et al.* 2020).

Stres oksidatif terjadi ketika radikal bebas dalam tubuh melebihi kemampuan tubuh untuk menetralkan dan menghilangkannya. Peningkatan radikal bebas akan mengoksidasi berbagai makromolekul seperti protein, lipid, dan asam nukleat. Oksidasi lipid menghasilkan hidroperoksida yang kemudian mengalami fragmentasi untuk menghasilkan intermediat karbonil yang reaktif, salah satunya yaitu malondialdehid (MDA) yang merupakan salah satu biomarker yang paling sering digunakan sebagai penanda stres oksidatif. Penanda stres oksidatif berhubungan langsung dengan persen lemak tubuh, sejalan dengan ketahanan antioksidan yang menurun pada individu dengan persen lemak tubuh yang tinggi.

Pada kondisi meningkatnya stres oksidatif, dibutuhkan antioksidan eksogen yang dapat diperoleh dari asupan makan untuk mempertahankan fungsi seluler. Komponen bioaktif dari asupan seperti flavonoid dapat melindungi tubuh dari stres oksidatif. Okra ungu merupakan salah satu sayuran yang kaya dengan komponen bioaktif. Sebagian besar aktivitas antioksidan okra ungu (70%) berasal dari kuersetin yang merupakan flavonoid utama dengan kandungan yang lebih tinggi pada okra ungu dibandingkan dengan kandungannya dalam okra hijau. Komponen



bioaktif pada okra ungu dapat dimanfaatkan dalam bentuk pangan fungsional, salah satunya yaitu puding. Hal ini karena puding merupakan hidangan penutup dengan tekstur lembut dan rasa manis yang membuatnya disukai oleh hampir semua kalangan usia. Keterbatasan bukti klinis yang tersedia mendasari penelitian mengenai pengaruh pemberian puding okra ungu terhadap kadar malondialdehid pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2. Potensi perbaikan kondisi stres oksidatif melalui konsumsi produk tersebut diharapkan dapat berkontribusi terhadap peningkatan status kesehatan dan penurunan faktor risiko penyakit degeneratif, khususnya diabetes melitus tipe 2.

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *randomized double-blind controlled trials* (RCTs) serta pendekatan *pretest-posttest with control group*. Subjek dibagi secara *randomized control trial* menjadi kelompok intervensi puding okra ungu dan kelompok kontrol. Subjek penelitian merupakan orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2 yang berjumlah 26 dan dibagi secara *purposive* menjadi dua kelompok, yaitu kelompok perlakuan yang mendapatkan intervensi puding okra ungu sebanyak 3 *cup* (± 120 g) per hari dan kelompok kontrol. Intervensi puding okra dilaksanakan di wilayah Puskesmas Tanah Sareal dan Puskesmas Semplak Kota Bogor selama 6 minggu. Kriteria inklusi penelitian ini adalah subjek dewasa yang berusia 20-79 tahun, terdiagnosis diabetes melitus kadar GDP ≤ 250 mg/dL⁻¹, terbiasa mengonsumsi bentuk sediaan puding, tidak memiliki alergi atau intoleransi susu, tidak merokok dan tidak mengonsumsi alkohol, tidak dalam keadaan hamil dan menyusui serta bersedia menandatangani *informed consent* dan bersedia mengikuti penelitian. Kriteria eksklusi subjek memiliki alergi susu atau intoleransi laktosa, pasien diabetes melitus dengan komplikasi berat (retinopati, gangren, gagal ginjal kronis), pindah atau berada di luar lokasi penelitian dalam waktu yang lama, dan tingkat kepatuhan konsumsi $< 80\%$ dari total intervensi yang diberikan. Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif dan inferensial dengan menggunakan taraf signifikansi 0,05.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa puding dengan okra ungu memiliki aktivitas antioksidan sebesar 79,96% inhibisi dengan kapasitas antioksidan mencapai 46,69mg AEAC g⁻¹ ekstrak, yang setara dengan 140,07 mg vitamin C per 100 g puding. Puding ini juga menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 326,20 ppm, total fenolik sebesar 14,63 mg GAE/g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 43,88 mg GAE/100g⁻¹ puding, dan total flavonoid sebesar 29,69 mg QE/g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 89,69 mg QE/100g⁻¹ puding. Karakteristik subjek antar kelompok intervensi dan kelompok kontrol tergolong homogen ($p > 0,05$). Data konsumsi subjek berada pada kategori beragam serta menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar kelompok ($p > 0,05$). Aktivitas fisik subjek menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antar kelompok ($p > 0,05$). Meskipun tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik pada kadar MDA antar kelompok ($p > 0,05$), intervensi selama 6 minggu menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar MDA pada kelompok intervensi yang diberikan puding dengan okra ungu. Hal ini mengindikasikan bahwa puding dengan okra ungu sebagai pangan fungsional yang berpotensi dapat membantu mengurangi stres oksidatif pada subjek dengan diabetes melitus tipe 2.

Kata kunci: antioksidan, diabetes melitus tipe 2, malondialdehida, okra ungu, puding.

SUMMARY

MITHA FRANCISKA. The Effect of Purple Okra Pudding Intervention on Malondialdehyde Levels in Adults with Type-2 Diabetes Mellitus. Supervised by EVY DAMAYANTHI and ZURAIDAH NASUTION.

Diabetes mellitus (DM) is a major health problem worldwide, characterized by hyperglycemia due to lack of insulin secretion and insulin action or both. The prevalence of diabetes mellitus (DM) increases every year, including in Indonesia which ranks 5th in the world for adults (20-79 years) with the most DM, namely reaching 11% (589 million people) in 2025. This figure is projected to increase to 46% (853 million people) in 2050. In Indonesia, the results of the Basic Health Research (Riskesdas) show that the percentage of diabetes sufferers increased from 6.9% in 2013 to 8.5% in 2018 (Kemenkes 2018). The results of the 2023 Indonesian Health Survey (SKI) show that the prevalence of diabetes in the population aged ≥ 15 years based on blood sugar examinations reached 11.7% (Kemenkes 2023). Type 2 Diabetes Mellitus is the most common case of diabetes with a percentage exceeding 90% and is more often diagnosed in adults (IDF 2025).

Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is the most common form of diabetes and is characterized by insulin resistance and disturbances in lipid, protein, and carbohydrate metabolism. T2DM is also characterized by peripheral insulin resistance, which reduces tissue sensitivity to insulin. This condition may cause glucose to remain in the bloodstream, leading to increased insulin secretion to maintain stable blood glucose levels (Halim and Halim 2019). Chronic insulin resistance can result in pancreatic β -cell dysfunction and reduce the pancreas's ability to produce insulin. The decline in β -cell function contributes to worsening hyperglycemia, which may subsequently accelerate DNA damage caused by oxidative stress in the pancreas (Galicía-García *et al.* 2020).

Oxidative stress occurs when free radicals in the body exceed the body's ability to neutralize and eliminate them. Increased free radicals will oxidize various macromolecules such as proteins, lipids, and nucleic acids. Lipid oxidation produces hydroperoxides which then undergo fragmentation to produce reactive carbonyl intermediates, one of which is malondialdehyde (MDA) which is one of the most frequently used biomarkers as a marker of oxidative stress. Oxidative stress markers are directly related to body fat percentage, in line with decreased antioxidant resistance in individuals with high body fat percentage.

In conditions of increased oxidative stress, exogenous antioxidants are needed which can be obtained from food intake to maintain cellular function. Bioactive components from intake such as flavonoids can protect the body from oxidative stress. Purple okra is one of the vegetables rich in bioactive components. Most of the antioxidant activity of purple okra (70%) comes from quercetin which is the main flavonoid with a higher content in purple okra compared to its content in green okra. Bioactive components in purple okra can be utilized in the form of functional foods, one of which is pudding. This is because pudding is a dessert with a soft texture and sweet taste that makes it popular with almost all ages. The limited clinical evidence available underlies the study on the effect of purple okra pudding on malondialdehyde levels in adults with type 2 diabetes mellitus. The potential improvement of oxidative stress conditions through consumption of this product is

expected to contribute to improving health status and reducing risk factors for degenerative diseases, especially type 2 diabetes mellitus.

This study used a randomized double-blind controlled trials (RCTs) design and a pretest–posttest approach with a control group. Subjects were randomly assigned to a purple okra pudding intervention group and a control group. The subjects were 26 adults with type 2 diabetes mellitus and were divided purposively into two groups, namely the treatment group that received 3 cups (± 120 g) of purple okra pudding per day and the control group. The okra pudding intervention was carried out at the Tanah Sareal and Semplak Public Health Centers in Bogor City. For six weeks. The inclusion criteria consist of individuals aged 19 to 79 years, diagnosed with diabetes mellitus and exhibiting fasting blood glucose levels of ≤ 250 mg dL⁻¹, accustomed to consuming pudding preparations, not having allergies or intolerance to milk, not smoking and not consuming alcohol, not pregnant or breastfeeding and willing to sign an informed consent and willing to participate in the study. Exclusion criteria included subjects with milk allergies or lactose intolerance, diabetes mellitus patients with serious consequences (retinopathy, gangrene, chronic kidney failure), relocation or prolonged absence from the research site, and a medication adherence rate below 80% of the total interventions delivered. Data analysis in this study was conducted using descriptive and inferential methods, with a significance set at 0.05.

The research findings indicate that pudding with purple okra has an antioxidant activity of 79.96% inhibition with an antioxidant capacity of 46.69 mg AEAC g⁻¹ of extract, which is equivalent to 140.07 mg of vitamin C per 100 g of pudding. The pudding also exhibits an IC₅₀ value of 326.20 ppm, a total phenolic content of 14.63 mg GAE/g⁻¹ extract or equivalent to 43.88 mg GAE/100 g⁻¹ pudding, and a total flavonoid content of 29.69 mg QE/g⁻¹ extract or equivalent to 89.69 mg QE/100 g⁻¹ pudding. The characteristics of subjects in the intervention and control groups were homogeneous ($p > 0.05$). Subject consumption data were in the diverse category and showed no significant differences between groups ($p > 0.05$). Subject physical activity levels also showed no significant differences between groups ($p > 0.05$). Although there was no statistically significant difference in MDA levels between groups ($p > 0.05$), the six-week intervention showed a trend toward decreased MDA levels in the group given purple okra pudding. This indicates that purple okra pudding as a functional food has the potential to help reduce oxidative stress in subjects with type 2 diabetes mellitus.

Keywords: antioxidants, malondialdehyde, pudding, purple okra, type 2 diabetes mellitus.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGARUH INTERVENSI PUDING DENGAN OKRA UNGU TERHADAP KADAR MALONDIALDEHIDA ORANG DEWASA DENGAN DIABETES MELITUS TIPE 2

MITHA FRANCISKA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Gizi pada
Program Studi Magister Ilmu Gizi

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU GIZI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN GIZI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Pengaruh Intervensi Puding dengan Okra Ungu terhadap Kadar
Malondialdehida Orang Dewasa dengan Diabetes Melitus tipe 2
Nama : Mitha Franciska
NIM : I1504231030

Disetujui oleh

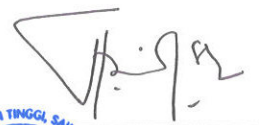
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S.



Pembimbing 2:
Zuraidah Nasution, S.T.P., M.Sc., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Rimbawan
NIP 196204061986031002



Dekan Fakultas Kedokteran dan Gizi
Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM., MMIS., MBA.,
FRANZCOG., Sp. OG.
NPI 202501197205091001



Tanggal Ujian: 13 Juli 2026

Tanggal Lulus: 05 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2024 sampai bulan agustus 2025 ini dengan judul “Pengaruh Intervensi Puding Dengan Okra Ungu Terhadap Kadar Malondialdehida Orang Dewasa Dengan Diabetes Melitus Tipe 2”.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. dan Zuraidah Nasution, S.T.P., M.Sc., Ph.D. atas kesabaran, ketersediaan waktu, bimbingan, arahan, masukan, serta dukungan dan motivasi yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Terimakasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. selaku ketua peneliti utama yang dalam penelitian berjudul “Uji Efikasi Puding dan Suplemen Okra Ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) terhadap Perbaikan Biomarker Klinis dan nutrigenomik pada Penderita Diabetes” yang telah mengizinkan penulis untuk menjadi bagian dari penelitian dan menjadikannya tesis serta atas segala bantuan yang telah diberikan.

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Rimbawan, selaku pembahas pada kolokium dan pimpinan sidang ujian tesis, serta Ketua Program Studi Pascasarjana Ilmu Gizi dan Dr. agr. Eny Palupi, S.T.P., M.Sc. selaku moderator kolokium dan sekretaris Program Studi Pascasarjana Ilmu Gizi yang telah memberikan kritik dan sarannya dalam penyempurnaan tesis.

Terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Ikeu Tanziha, M.S. selaku moderator seminar hasil atas semua saran dan masukan yang sangat membantu untuk penyempurnaan tesis. Terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Budi Setiawan, M.S. selaku penguji luar komisi dalam sidang ujian tesis yang telah memberikan saran dan masukan untuk menyempurnakan pembahasan hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Terimakasih juga kepada Bapak/Ibu dosen dan staf Program Studi Ilmu Gizi, serta staf Sekolah Pascasarjana IPB yang telah memberikan pelayanan selama studi.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada seluruh keluarga, I Nyoman Rai Mertayasa dan Priyanti, selaku orang tua yang telah memberikan dukungan, semangat, perhatian, doa, serta telah mendidik dan membesarkan penulis dalam limpahan kasih sayang. Terimakasih atas apa yang telah diberikan kepada penulis yang tidak bisa dibandingkan dan digantikan dengan apapun selamanya. Terimakasih kepada Wiwik Chintya Wulandari, Amd. AK dan Shandy Pramana Putra selaku kakak dan adik terbaik, serta keponakan yang telah memberikan dukungan, doa, kasih sayang dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini. Terimakasih juga disampaikan kepada teman-teman Magister Ilmu Gizi Tahun 2023 Ganjil (svasthageiasena) dan rekan penelitian okra 2024, serta seluruh pihak yang telah membantu, semoga Tuhan yang Maha Esa membalas dengan kebaikan yang berlipat.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan serta berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang gizi.

Bogor, Agustus 2026
Mitha Franciska



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Hipotesis Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jenis dan Penyebab Diabetes Melitus bagi Kesehatan	5
2.2 Malondialdehida sebagai Penanda Stres Oksidatif	6
2.3 Sistem Pertahanan Antioksidan	7
2.4 Okra Ungu (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench) sebagai Pangan Fungsional	8
III KERANGKA PEMIKIRAN	11
IV METODE	13
4.1 Desain dan Rancangan Percobaan	13
4.2 Waktu dan Tempat Penelitian	13
4.3 Alat dan Bahan Penelitian	13
4.4 Tahapan Penelitian	15
4.5 Teknik Pengumpulan Data	27
4.6 Definisi Operasional	29
V HASIL DAN PEMBAHASAN	31
5.1 Pengembangan Formula Puding Okra Ungu	31
5.2 Karakteristik Fisik Puding Okra Ungu	32
5.3 Komponen Bioaktif dan Kapasitas Antioksidan pada Puding Okra Ungu	33
5.4 Uji Sensori Deskriptif Metode Konsensus Puding Okra Ungu	37
5.5 Karakteristik Subjek	40
5.6 Kepatuhan dan Efek Samping Intervensi pada Subjek	42
5.7 Asupan dan Tingkat Kecukupan Zat Gizi Subjek	43
5.8 Aktivitas Fisik Subjek	46
5.9 Perubahan Kadar Malondialdehid pada Subjek	47
VI SIMPULAN DAN SARAN	52
6.1 Simpulan	52
6.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	66
RIWAYAT HIDUP	94



DAFTAR TABEL

1	Kriteria kadar glukosa darah	5
2	Kandungan gizi dalam 100 g okra	8
3	Komposisi puding dengan okra ungu	17
4	Definisi atribut dan standar referensi puding dengan okra ungu yang digunakan oleh panelis terlatih untuk mendeskripsikan puding dengan okra ungu	22
5	Teknik pengumpulan data	27
6	Karakteristik fisik puding dengan okra ungu	32
7	Total fenolik dan flavonoid pada puding dengan okra ungu	35
8	Aktivitas dan kapasitas antioksidan pada puding dengan okra ungu	36
9	Karakteristik panelis terlatih pada uji konsensus puding dengan okra ungu	37
10	Karakteristik subjek	41
11	Tingkat kecukupan zat gizi subjek sebelum dan setelah intervensi	44
12	Aktivitas fisik subjek	46
13	Perubahan kadar MDA subjek	47
14	Bahan standar dan konsentrasi rasa dasar	69
15	Bahan standar dan konsentrasi aroma dasar	69
16	Intensitas atribut sensori pada hasil uji konsensus puding dengan okra ungu	89

DAFTAR GAMBAR

1	Mekanisme pembentukan dan metabolisme MDA	7
2	Tanaman okra ungu (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench)	8
3	Kerangka pemikiran penelitian	12
4	Diagram alir penelitian	15
5	Prosedur penanganan okra ungu segar	16
6	Ekstraksi <i>mucilage</i> dari okra ungu	16
7	Diagram pembuatan puding dengan okra ungu	17
8	Tahapan uji klinis	23
9	(a) Pohon okra ungu (b) Buah okra ungu (c) Puding dengan okra ungu	32
10	Deskriptor sensori deskriptif atribut aroma (A) dan rasa (B) puding okra ungu	39
11	Consort diagram	40
12	Kepatuhan subjek selama intervensi	42
13	Mekanisme flavonoid dalam pengendalian diabetes melitus	49
14	Peran serat pangan terhadap metabolisme glukosa dan lipid	50



DAFTAR LAMPIRAN

1	Etik penelitian	67
2	Formulir uji organoleptik	68
3	Naskah penjelasan sebelum persetujuan (NPSP)	73
4	<i>Informed consent</i>	75
5	Kuesioner <i>Food recall</i> 2x24 jam	76
6	Kuesioner Skrining subjek penelitian	77
7	Lembar kepatuhan	79
8	Kuesioner IPAQ (<i>International Physical Activity Questionnaire</i>)	81
9	Prosedur analisis malondialdehida (MDA)	83
10	Hasil analisis senyawa bioaktif	85
11	Uji sensori deskriptif metode konsensus	89
12	Data karakteristik subjek	90
13	Dokumentasi penelitian	92



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus menjadi tantangan kesehatan yang signifikan di seluruh dunia, dengan tingkat kejadiannya yang terus meningkat dari tahun ke tahun, baik di tingkat global maupun di Indonesia. Laporan *International Diabetes Federation* (IDF), menunjukkan bahwa Indonesia menduduki peringkat ke-5 dari 10 negara dengan jumlah prevalensi Diabetes Melitus (DM) tertinggi pada kelompok usia 20 hingga 79 tahun, yang diperkirakan mencapai 11% (589 juta orang) pada tahun 2025. Angka tersebut diproyeksikan akan meningkat menjadi 46% (853 juta orang) pada tahun 2050. Diabetes Melitus Tipe 2 menjadi kasus diabetes yang paling banyak terjadi dengan persentase melebihi 90% dan lebih sering didiagnosis pada orang dewasa (IDF 2025). Di Indonesia, hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) menunjukkan bahwa persentase penderita diabetes naik dari 6,9% pada 2013 menjadi 8,5% pada 2018 (Kemenkes 2018). Hasil dari Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 menunjukkan bahwa prevalensi diabetes pada penduduk usia ≥ 15 tahun berdasarkan pemeriksaan gula darah mencapai 11,7% (Kemenkes 2023). Diabetes Melitus, khususnya Diabetes Melitus Tipe-2 (DMT2), adalah bentuk yang paling umum dari penyakit ini, yang mengakibatkan gangguan dalam produksi insulin dan terjadinya resistensi insulin (Halim dan Halim 2019). Resistensi terhadap insulin ini bisa membawa pada disfungsi sel β pankreas, menjadikan situasi hiperglikemia sebagai hal yang tidak dapat dihindarkan (Galicía-García *et al.* 2020). Pada individu yang menderita DMT2, keadaan sel beta pankreas semakin memburuk akibat kerusakan DNA yang berhubungan dengan stres oksidatif dalam pankreas. Fenomena ini terjadi sebagai konsekuensi dari rendahnya antioksidan untuk mengatasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Oyedemi *et al.* 2019).

Hiperglikemia dapat menyebabkan peningkatan jumlah ROS saat terjadi stres oksidatif. Hal ini bisa menyebabkan oksidasi berbagai makromolekul seperti protein, lipid, dan asam nukleat (García-Sánchez *et al.* 2020). Lipid menjadi sasaran utama dalam proses ini, sehingga menghasilkan produk oksidasi lipid. Proses tersebut memproduksi hidropoksida, yang kemudian terurai menjadi senyawa karbonil reaktif seperti malondialdehida (MDA). MDA merupakan hasil akhir dari proses peroksidasi lipid. Proses ini terjadi saat berbagai Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (PUFA) teroksidasi. Malondialdehida sering dijadikan tanda adanya stres oksidatif. Jika MDA diproduksi secara berlebihan, hal ini bisa menyebabkan karbonilasi protein. Hal ini berkaitan dengan berbagai penyakit metabolik, seperti diabetes melitus, gangguan neurodegeneratif, penyakit kardiovaskular, dan masalah pada hati (Ito *et al.* 2019).

Komponen bioaktif yang ada di dalam tanaman memiliki peranan esensial sebagai antioksidan yang dapat membantu mencegah kenaikan kadar MDA (Salehi *et al.* 2019; Bumrungpert *et al.* 2020). Asupan antioksidan dari luar sangat dibutuhkan ketika kapasitas antioksidan endogen tidak mampu mengimbangi pembentukan radikal bebas (El-Masry dan Mahmoud 2021). Pada dasarnya, keduanya jenis antioksidan tersebut bekerja secara sinergis untuk memperkuat pertahanan tubuh dalam melawan kondisi stres oksidatif (Moussa *et al.* 2019). Dalam keadaan normal, tubuh memiliki sistem antioksidan yang berfungsi untuk mengatur produksi ROS. Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan sistem

pertahanan antioksidan tubuh menyebabkan perlunya tambahan antioksidan dari luar melalui asupan makanan. Hal ini penting agar sel-sel tubuh bisa berfungsi dengan baik (Kurutas 2016). Zat-zat bioaktif dalam makanan, seperti flavonoid, dapat membantu melindungi tubuh dari stres oksidatif. Flavonoid adalah senyawa polifenol yang terdapat dalam berbagai jenis buah dan sayuran. Flavonoid memiliki peran penting dalam berbagai aktivitas biologis, seperti melawan tumor, mengurangi peradangan, bertindak sebagai antioksidan, dan melawan mikroba (Tan *et al.* 2018). Okra ungu merupakan salah satu sumber yang kaya akan flavonoid dan komponen bioaktif. Okra ungu memiliki banyak zat antioksidan, seperti polifenol, hiperosid, kuersetin, kumarin, uridin, dan fenilalanin (Tyagita *et al.* 2019). Flavonoid yang terdapat dalam okra ungu berfungsi sebagai antioksidan. Senyawa ini membantu menurunkan kadar gula darah dengan meningkatkan produksi insulin dan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas (Pasaribu *et al.* 2022). Penelitian yang dilakukan pada hewan menunjukkan bahwa mengonsumsi okra ungu dapat mengurangi kadar MDA pada tikus yang diinduksi dengan timbal asetat (Wahyuningsih *et al.* 2020).

Okra Ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) merupakan varietas unggul yang diketahui memiliki komponen bioaktif yang lebih baik dalam melawan diabetes dibandingkan dengan okra hijau (Anjani *et al.* 2018a). Kapasitas antioksidan dan aktivitas antioksidan ekstrak okra ungu sebesar 417,54 mg 100 g⁻¹ dan 316,86 ppm yang berfungsi untuk menangkap radikal bebas (Anjani *et al.* 2018a). Kandungan senyawa fenolik ekstrak okra ungu adalah 3,60%, dengan flavonoid yang paling banyak terdapat di dalamnya (Nabila *et al.* 2018). Ekstrak okra ungu menunjukkan kandungan kuersetin yang lebih unggul (0,45 mg QE g⁻¹) dibandingkan dengan okra hijau (0,27 mg QE/g⁻¹). Menurut hasil penelitian, kuersetin yang merupakan flavonoid utama yang bertanggung jawab atas 70% aktivitas antioksidan yang ditemukan pada okra ungu. Kuersetin juga berperan untuk meningkatkan jumlah enzim antioksidan tubuh dan mengurangi peroksidasi lipid. Hal ini dapat membantu mengatur kadar MDA dan mengurangi stress oksidatif (Xu *et al.* 2019; Putman *et al.* 2021).

Komponen bioaktif yang terdapat pada okra ungu bisa digunakan sebagai pangan fungsional, salah satunya dalam bentuk puding. Puding biasanya dikonsumsi sebagai hidangan penutup yang disukai banyak orang karena rasanya yang manis dan teksturnya yang lembut (Darmawan *et al.* 2014). Okra menghasilkan gel yang kaya akan antioksidan, mampu menghambat α -glukosidase, serta dapat berperan sebagai *gelling agent* untuk memperbaiki tekstur makanan karena memiliki sifat hidrokoloid (Aziah *et al.* 2015; Cahyana *et al.* 2017). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jannah (2024) menunjukkan bahwa Puding okra ungu yang terbuat dari 25 g okra halus dan 25 ml gel okra memiliki kemampuan antioksidan. Pengujian dilakukan menggunakan metode 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yang menghasilkan nilai 124,75 mg AEAC 100 g⁻¹. Puding okra ungu juga mengandung total flavonoid sebesar 79,20 mg QE/100 g⁻¹, dan total fenolik sebesar 28,35 mg QE/100 g⁻¹. Penelitian ini akan melanjutkan penelitian sebelumnya dengan mengembangkan produk yang serupa, yaitu puding okra ungu dengan beberapa modifikasi untuk meningkatkan kualitas puding tersebut. Teknik blansir masih digunakan, tetapi pada suhu 100 °C selama 20 detik, ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh perbedaan suhu dan waktu blansir mempengaruhi kualitas produk. Penelitian ini juga akan meningkatkan jumlah okra

halus dari 25 g menjadi 30 g serta menambahkan gel okra dari 25 ml menjadi 30 ml. Tujuannya adalah untuk meningkatkan nilai gizi dalam puding okra ungu (Damayanthi *et al.* 2024).

Penelitian praklinis menunjukkan bahwa okra ungu berpotensi memperbaiki profil glikemik, profil lipid, dan menurunkan stres oksidatif (Nikpayam *et al.*, 2021). Penelitian klinis juga menunjukkan bahwa konsumsi okra dapat membantu memperbaiki profil glikemik pada individu dengan diabetes melitus tipe 2 dan hiperkolesterolemia (Khodija *et al.*, 2020; Moradi *et al.*, 2019). Penelitian klinis yang mengevaluasi efek okra ungu, khususnya dalam bentuk pangan fungsional, terhadap biomarker stres oksidatif masih sangat terbatas. Malondialdehida (MDA) merupakan salah satu biomarker yang banyak digunakan untuk menilai tingkat stres oksidatif akibat peroksidasi lipid pada penderita diabetes melitus tipe 2. Keterbatasan bukti klinis tersebut menunjukkan perlunya penelitian mengenai pengaruh pemberian puding dengan okra ungu terhadap kadar MDA pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2 sebagai upaya untuk mengurangi stres oksidatif dan mendukung pengelolaan penyakit diabetes melitus tipe 2.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini berdasarkan uraian latar belakang. Adapun perumusan masalah pada penelitian ini yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana karakteristik fisik dan sensori (deskriptif metode konsensus) puding dengan okra ungu?
2. Bagaimana komponen bioaktif kadar total flavonoid dan fenolik, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan puding dengan okra ungu?
3. Bagaimana karakteristik usia, antropometri, tingkat kecukupan gizi, dan aktivitas fisik subjek?
4. Bagaimana pengaruh pemberian puding dengan okra ungu terhadap kadar malondialdehida kelompok intervensi dibandingkan dengan kelompok kontrol sebelum dan setelah intervensi?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dalam penelitian ini adalah mengkaji pengaruh pemberian puding dengan okra ungu terhadap kadar malondialdehida pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengkaji karakteristik fisik dan sensori (deskriptif metode konsensus) puding dengan okra ungu.
2. Mengkaji komponen bioaktif yaitu kadar total flavonoid dan fenolik, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan puding dengan okra ungu.
3. Mengidentifikasi karakteristik subjek meliputi usia, antropometri, tingkat kecukupan gizi, dan aktivitas fisik.
4. Mengkaji pengaruh pemberian puding dengan okra ungu terhadap kadar malondialdehida subjek sebelum dan setelah intervensi.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi terkait potensi okra ungu sebagai antidiabetes. Penelitian ini juga diharapkan menjadi acuan dan rujukan bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan serta menciptakan produk berbasis okra ungu sebagai alternatif terapi bagi penderita diabetes melitus. Hasil penelitian memberikan informasi mengenai pengaruh intervensi puding dengan okra ungu terhadap kadar malondialdehida pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2. Pemberian puding dengan okra ungu berpotensi membantu memperbaiki kondisi stres oksidatif yang berkaitan dengan peningkatan status kesehatan sehingga dapat mendukung upaya penurunan faktor risiko penyakit degeneratif.

1.5 Hipotesis Penelitian

Terdapat pengaruh pemberian puding dengan okra ungu terhadap kadar malondialdehida pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis dan Penyebab Diabetes Melitus bagi Kesehatan

Diabetes melitus (DM) merupakan gangguan metabolisme yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia) akibat tubuh tidak dapat menggunakan insulin secara efektif atau pankreas tidak menghasilkan insulin dalam jumlah yang cukup. Kondisi ini berkaitan dengan resistensi insulin pada hati, otot rangka, dan jaringan lemak serta gangguan fungsi sel beta pankreas. Diabetes menjadi masalah kesehatan global yang memengaruhi sekitar 589 juta orang dewasa dan terus meningkat, terutama di negara berpendapatan menengah dan berkembang (IDF 2025).

Diabetes melitus tipe 1 (DMT1) terjadi ketika kadar glukosa darah meningkat karena sel beta di pankreas rusak, sehingga tidak bisa memproduksi insulin dengan baik. Kondisi ini biasanya muncul pada anak-anak dan remaja. Penderita DMT1 perlu mendapatkan suntikan insulin secara rutin untuk mengendalikan kadar glukosa darah. Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) yang lebih sering terjadi pada orang dewasa, disebabkan oleh tubuh yang tidak dapat menggunakan insulin dengan baik atau adanya kerusakan pada pankreas. DMT2 dapat dicegah dengan mengonsumsi makanan sehat dan seimbang, berolahraga secara rutin, mengurangi asupan garam dan lemak serta menjalankan gaya hidup sehat (WHO 2021). Penderita DMT2 disebabkan oleh interaksi kompleks antara faktor genetik, metabolik, dan lingkungan. Faktor-faktor risiko yang tidak dapat diubah, seperti riwayat keluarga dan etnisitas, memiliki dasar genetik yang kuat terhadap kecenderungan seseorang menderita DMT2. Berdasarkan berbagai penelitian, banyak kasus DMT2 dapat dicegah dengan mengendalikan faktor risiko, seperti obesitas, pola makan yang tidak sehat, dan kurangnya aktivitas fisik (Galicia-Garcia *et al.* 2020).

Kondisi ini disebabkan oleh masalah pada sel β pankreas atau karena tubuh tidak merespons insulin dengan baik. Kerusakan pada sel β di pankreas mengurangi produksi insulin, sehingga tubuh kesulitan untuk menjaga kadar gula darah tetap seimbang. Resistensi insulin meningkatkan produksi glukosa di hati dan mengurangi penyerapan glukosa ke otot, hati, dan jaringan lemak. Proses ini terjadi pada tahap awal diabetes dan dapat berkembang menjadi masalah pada sel β pankreas. Akibatnya, kondisi kadar glukosa darah yang tinggi menjadi sulit untuk dihindari (Galicia-Garcia *et al.* 2020). Kadar glukosa darah puasa (GDP) di atas 126 mg/dl atau glukosa darah sewaktu (GDS) di atas 200 mg/dl menjadi indikator diagnosis DM. Kriteria diagnosis lengkap, termasuk HbA1c, GDP, dan hasil TTGO 2 jam, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria kadar glukosa darah

Jenis Pemeriksaan	Normal	Prediabetes	Diabetes
HbA1c (%)	< 5,7	5,7-6,4	> 6,5
Glukosa darah puasa (mg/dl)	≤ 100	100-125	≥ 126
Glukosa plasma 2 jam setelah TTGO (mg/dl)	<140	140-199	≥ 200

Sumber: (Hardianto 2020)

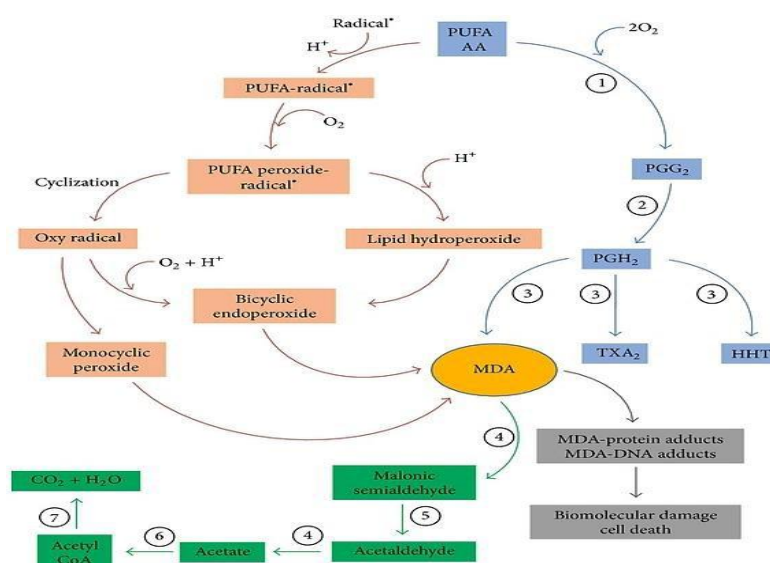
2.2 Malondialdehida sebagai Penanda Stres Oksidatif

Kondisi diabetes melitus, fungsi sel β pankreas terus menurun akibat kerusakan DNA yang berkaitan dengan stres oksidatif. Kondisi ini terjadi karena rendahnya kapasitas antioksidan dalam mengatasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Oyedemi *et al.* 2019). Kelebihan ROS menyebabkan ketidakseimbangan antara radikal bebas dan sistem antioksidan tubuh yang dapat merusak komponen sel, seperti protein, lipid, dan DNA (Salsabila *et al.* 2022; Burgos-Morón *et al.* 2019).

Kerusakan lipid dapat meningkatkan fluiditas dan permeabilitas membran sel (Sharma *et al.* 2012). Peroksidasi lipid terjadi ketika senyawa oksidan menyerang lipid pada ikatan rangkap (Ayala *et al.* 2014). Peroksidasi lipid menghasilkan produk akhir sekunder berupa malondialdehida (MDA). MDA merupakan produk sekunder kerusakan *Polyunsaturated Fatty Acid* (PUFA) pada membran sel dan dapat menjadi indikator stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan protein, lipid, dan DNA (Liguori *et al.* 2018). Menurut Shankar dan Kalaiselvi (2016), kadar normal MDA plasma pada orang dewasa adalah $<4 \mu\text{mol L}^{-1}$.

Malondialdehida dihasilkan dari dekomposisi asam arakidonat (AA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) melalui jalur enzimatik dan nonenzimatik (Gambar 1) (Ayala *et al.* 2014). Jalur enzimatik (biru) menghasilkan MDA dari prostaglandin G_2 (PGG_2) dan prostaglandin H_2 (PGH_2) selama *biosintesis thromboxane A₂* (TXA_2) dan *12-l-hydroxy-5,8,10 heptadec trienoic acid* (HHT), dengan melibatkan enzim *siklooksigenase* (1), *prostacyclin hydroperoxide* (2), dan *thromboxane synthase* (3). Jalur nonenzimatik (merah) menghasilkan MDA melalui peroksidasi lipid yang berlangsung dalam tiga tahap, yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi (Ayala *et al.* 2014; Gad dan Sayd 2015). Tahap inisiasi menghasilkan lipid radikal ($\text{L}\cdot$) akibat pengambilan hidrogen dari gugus metil lipid oleh radikal bebas. Tahap propagasi membentuk lipid *peroxyl radical* ($\text{LOO}\cdot$) yang bereaksi dengan lipid lain menghasilkan lipid hydroperoxide (LOOH) dan radikal bebas baru sehingga membentuk reaksi berantai yang dapat dihentikan oleh antioksidan. Tahap terminasi menghasilkan *lipid peroxide*. MDA yang terbentuk selanjutnya dapat dimetabolisme secara enzimatik melalui jalur hijau atau bereaksi dengan protein dan DNA melalui jalur abu-abu sehingga menyebabkan kerusakan biomolekul. Metabolisme MDA melibatkan *aldehyde dehydrogenase* (4), *decarboxylase* (5), *acetyl CoA synthase* (6), dan *tricarboxylic acid cycle* (7). Mekanisme pembentukan dan metabolisme MDA disajikan pada Gambar 1.

Faktor yang dapat mempengaruhi kadar MDA seseorang yaitu usia, persen lemak tubuh, indeks massa tubuh (IMT), kondisi kesehatan, aktivitas fisik, asupan makan, konsumsi alkohol, dan kebiasaan merokok. Kadar MDA meningkat seiring bertambahnya usia dan pada penderita diabetes mellitus ($\geq 2,68 \mu\text{mol L}^{-1}$) lebih tinggi dibandingkan orang sehat ($0,69\text{--}2,68 \mu\text{mol L}^{-1}$) (Mas-Bargues *et al.* 2021). Persen lemak tubuh yang tinggi dan status gizi berlebih juga berhubungan dengan peningkatan kadar MDA serta mencerminkan kondisi stres oksidatif pada orang dewasa (Adenan *et al.* 2020). Hiperglikemia dapat meningkatkan stres oksidatif yang berkontribusi terhadap perkembangan penyakit degeneratif (Burgos-Morón *et al.* 2019), sedangkan kadar MDA yang tinggi menunjukkan kerusakan jaringan akibat stres oksidatif yang dapat memperparah komplikasi diabetes melitus (Sunita *et al.* 2020).



Gambar 1 Mekanisme pembentukan dan metabolisme MDA (Ayala *et al.* 2014)

2.3 Sistem Pertahanan Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang berperan penting dalam melindungi tubuh dari kerusakan akibat proses oksidatif. Dalam konsentrasi rendah, antioksidan mampu menghambat atau mencegah reaksi oksidasi serta membantu mencegah perkembangan penyakit degeneratif sehingga dapat menurunkan risiko penyakit dan meningkatkan kesehatan (Shahidi dan Zhong 2015). Sistem antioksidan tubuh terdiri atas antioksidan enzimatik dan non-enzimatik (Sachdeva *et al.* 2014; Munteanu dan Apetrei 2021). Antioksidan enzimatik endogen meliputi *superoxide dismutase* (SOD), *catalase* (CAT), dan *glutathione peroxidase* (GSH-Px), sedangkan antioksidan non-enzimatik mencakup vitamin C, vitamin E, polifenol, dan flavonoid yang berperan melindungi tubuh dari radikal bebas dan *reactive oxygen species* (ROS) yang berkaitan dengan berbagai penyakit kronis, seperti penyakit kardiovaskular, diabetes melitus, kanker, dan artritis (Gulcin 2025).

Tubuh secara alami memproduksi antioksidan endogen yang berperan penting dalam menjaga fungsi seluler (Kurutas 2016), tetapi ketika jumlahnya tidak mampu mengimbangi peningkatan radikal bebas, diperlukan antioksidan eksogen dari luar (Mironczuk-Chodakowsha *et al.* 2018; Panche *et al.* 2016; El-Masry dan Mahmoud 2021). Kedua jenis antioksidan ini bekerja sama secara sinergis dalam meningkatkan pertahanan terhadap stres oksidatif melalui stabilisasi dan regenerasi antioksidan endogen serta pengkelatan logam transisi prooksidatif (Moussa *et al.* 2019; Pisoschi dan Pop 2015). Efektivitas antioksidan dipengaruhi oleh struktur, suhu, konsentrasi, karakteristik substrat yang rentan terhadap oksidasi, serta keberadaan senyawa sinergis atau prooksidan (Munteanu dan Apetrei 2021).

Antioksidan eksogen dapat berupa senyawa alami maupun sintesis, seperti butil hidroksi anisol (BHA) dan butil hidroksi toluena (BHT). Sumber alami antioksidan banyak ditemukan pada sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah yang kaya vitamin, senyawa fenolik, karotenoid, dan mineral (Flieger *et al.* 2021). Kandungan fitokimia dalam tumbuhan juga berkontribusi terhadap aktivitas

antioksidan karena kemampuannya dalam menangkal radikal bebas (Yadav *et al.* 2016).

2.4 Okra Ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) sebagai Pangan Fungsional

Okra Ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) merupakan tanaman berbunga dari famili Malvaceae. Berbagai bagian tanaman, seperti daun, kuncup, bunga, polong, batang, dan biji, memiliki manfaat dalam pengobatan tradisional maupun modern (Esmailzadeh *et al.* 2019). Buah okra ungu memiliki bentuk memanjang seperti jari dengan panjang sekitar 7-12 cm, diameter 1,5-3 cm, permukaan berlekuk dan berbulu halus, ujung meruncing, serta berwarna ungu.

Karakteristik fisik okra dipengaruhi oleh umur panen. Peningkatan umur panen menyebabkan bertambahnya panjang, diameter, berat, dan tingkat kekerasan (*hardness*) buah akibat perubahan struktur dinding sel. Penelitian Utami (2020) menunjukkan bahwa Okra yang dipanen pada umur lima hari memiliki tingkat kekerasan paling rendah dan dianggap sebagai waktu panen optimum untuk menghasilkan bahan baku berkualitas. Peningkatan kekerasan berkaitan dengan penebalan dinding sel, peningkatan serat, dan proses lignifikasi seiring bertambahnya umur buah. Pemilihan umur panen yang tepat penting untuk menentukan mutu fisik, tekstur, dan penerimaan konsumen terhadap produk olahan. Tanaman okra ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

Tanaman okra adalah salah satu tanaman yang banyak digunakan untuk menstabilkan gula darah dengan mengatur kecepatan penyerapan gula dari saluran usus halus (Gemede *et al.* 2015). Bagian tanaman okra yang paling banyak digunakan adalah buahnya (Bangsawan dan Kurniati 2019). Okra kaya akan serat pangan, karbohidrat, vitamin dan mineral. Kandungan gizi okra tercantum pada Tabel 2.



Gambar 2 Tanaman okra ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)
Sumber: (Damayanthi *et al.* 2024)

Tabel 2 Kandungan gizi dalam 100 g okra

Zat gizi	Satuan	Jumlah ¹	%AKG ²
Energi	kcal	31	2
Protein	g	2	4
Lemak total	g	0,1 (0)	0
Karbohidrat	g	7	2
Gula	g	1,2	

Tabel 2 Kandungan gizi dalam 100 g okra (*lanjutan*)

Zat gizi	Satuan	Jumlah ¹	%AKG ²
Serat	g	3,2	13
Vitamin A	IU	375	7
Vitamin B2	mg	0,2	13
Vitamin B6	mg	0,2	11
Asam folat	µg	88	22
Vitamin C	mg	21,1	35
Vitamin B2	mg	0,2	13
Vitamin E (α-tocopherol)	mg	0,4	2
Vitamin K	µg	53	66
Sodium	mg	8	0
Kalsium	mg	81	8
Mangan	mg	1	50
Magnesium	mg	57	14
Kalium	mg	303	9
Natrium	mg	8	0

¹Sumber: USDA SR-21 (2015)²Sumber: Kemenkes 2019

Okra ungu memiliki kandungan gizi dan komponen bioaktif yang lebih unggul dibandingkan okra hijau (Anjani *et al.* 2018; Tyagita *et al.* 2021). Okra ungu merupakan hasil biofortifikasi yang dikembangkan oleh Prof. Dr. Muhamad Syukur, S.P., M.Si. dari Pusat Kajian Hortikultura Tropika IPB (Gambar 2). Biofortifikasi dilakukan melalui penambahan unsur nutrisi untuk menghasilkan varietas unggul dengan kandungan gizi dan komponen bioaktif yang lebih baik (Haas *et al.* 2015). Komponen bioaktif okra ungu, seperti fenolik, flavonoid, dan kuersetin, berperan sebagai antioksidan yang membantu memperbaiki kerusakan akibat senyawa radikal (Nabila *et al.* 2018; Utami 2020).

Kadar fenolik total okra merah (5,29 mg GAE g⁻¹) lebih tinggi dibandingkan okra hijau (4,47 mg GAE g⁻¹) (Manik *et al.* 2019). Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Utami (2020) yang menunjukkan kadar total fenol okra hijau (1.807±60,332 mg GAE 100 g⁻¹) yang lebih rendah dibandingkan dengan okra merah (2.034±70,472 mg GAE 100 g⁻¹) pada basis keringnya. Ekstrak okra ungu memiliki kapasitas antioksidan dan aktivitas antioksidan sebesar 417,54 mg 100 g⁻¹ dan 316,86 ppm yang berperan sebagai *free radical scavenger* (Anjani *et al.* 2018a). Sebagian besar aktivitas antioksidan okra ungu (70%) berasal dari kuersetin sebagai flavonoid utama dengan kandungan sebesar 0,45 mg g⁻¹ yang lebih tinggi dibandingkan okra hijau 0,27 mg g⁻¹ (Roy *et al.* 2014; Anjani *et al.* 2018a).

Beberapa penelitian juga menunjukkan manfaat komponen bioaktif dari okra ungu terhadap kesehatan yaitu peningkatan status antioksidan dan perbaikan kondisi stres oksidatif (Anjani *et al.* 2018; Husen 2020; Wahyuningsih *et al.* 2021b), efek hipoglikemia (Anjani *et al.* 2018), peningkatan sensitivitas insulin (Husen 2020) dan kadar serum insulin (Tyagita *et al.* 2021), menghambat kerja enzim α-glucosidase (Riyanti *et al.* 2019), perbaikan profil lipid (Nabila *et al.* 2018; Husen 2020), perbaikan fungsi ginjal (Wahyuningsih *et al.* 2021a), perbaikan fungsi hati (Wahyuningsih *et al.* 2021b), efek antikanker (Achmad 2022), penurunan inflamasi (Pramudya *et al.* 2022), dan efek antimikroba (Septianingrum *et al.* 2018).

2.4.1 Puding dengan Okra Ungu sebagai Pangan Fungsional

Pemanfaatan komponen bioaktif okra ungu dapat dilakukan melalui pengolahan menjadi pangan fungsional. Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap kesehatan turut meningkatkan minat terhadap pangan fungsional. Menurut *American Diabetes Association*, pangan fungsional merupakan makanan utuh, difortifikasi, diperkaya, atau ditingkatkan yang dikonsumsi secara teratur sebagai bagian dari pola makan beragam pada tingkat efektif (Lau *et al.* 2021). Puding merupakan salah satu bentuk pangan fungsional yang banyak diminati karena memiliki rasa manis dan tekstur lembut (Darmawan *et al.* 2014). Puding merupakan produk berbentuk padat lunak yang terbuat dari produk susu atau campurannya dengan penambahan pati atau bahan pembentuk gel, dengan atau tanpa bahan pangan lain (BPOM 2019).

Pembuatan puding dengan okra ungu diawali dengan pencucian dan *blanching* pada suhu 97°C selama 20 detik, kemudian didinginkan dalam air es selama waktu yang sama. *Blanching* bertujuan mempertahankan kualitas dengan menonaktifkan enzim, mengurangi mikroorganisme, dan mengeluarkan udara antar sel (Deng *et al.* 2017). *Blanching* pada suhu tinggi dalam waktu singkat selama 20 detik pada suhu 97°C juga dapat meningkatkan sifat antioksidan bubuk anggur laut (*Caulerpa racemosa*) (Windrayanti *et al.* 2023).

Sebagian okra yang telah melalui proses *blanching* diekstraksi gelnya menggunakan aquades (1:3) pada suhu ruang selama 12 jam untuk kemudian dicampurkan dengan bahan lainnya (Cahyana *et al.* 2017). Ekstrak gel okra ditambahkan dalam pembuatan puding okra ungu sebagai *gelling agent* karena memiliki sifat hidrokoloid yang dapat memperbaiki tekstur makanan (Aziah *et al.* 2015; Cahyana *et al.* 2017). Ekstrak gel okra mengandung flavonoid sebesar 72,17±0,36 mg kuersetin L⁻¹ dan aktivitas antioksidan IC50 sebesar 525,92±40,75 mg L⁻¹ (Cahyana *et al.* 2017). Polisakarida pektin dalam gel okra juga memiliki aktivitas antioksidan yang berpotensi mengurangi peroksidasi lipid dan kerusakan sel β pankreas (Zhang *et al.* 2018).

Sebagian okra lainnya dihaluskan sebagai bahan utama puding yang dibuat dengan teknik perebusan menggunakan air, susu, stroberi, buah naga, agar bubuk, sorbitol, vanili, dan asam sitrat. Sorbitol digunakan sebagai pemanis karena memiliki kalori lebih rendah dibandingkan gula pasir serta bersifat nonkarsinogenik dan antihiperglikemik (Msomi *et al.* 2021). Penggunaan sorbitol dapat meminimalkan kandungan gula dan menghambat penyerapan glukosa di usus halus sehingga membantu mengendalikan kadar glukosa darah (Chukwuma dan Islam 2017).

Penambahan sari buah naga dan stroberi ditambahkan untuk meningkatkan warna, aroma, dan penerimaan produk; kombinasi keduanya menghasilkan aroma lebih fruity, warna lebih ungu, dan penerimaan yang lebih baik pada es krim yogurt (Susanti *et al.* 2022). Penambahan Asam sitrat aman digunakan pada penderita diabetes karena dapat membantu menurunkan glukosa darah dan indeks resistensi insulin serta meningkatkan sensitivitas insulin (Yadikar *et al.* 2022). Penambahan kalium sorbat pada puding sebagai pengawet untuk memperpanjang masa simpan dengan menghambat pertumbuhan jamur, ragi, dan beberapa jenis bakteri tanpa memengaruhi rasa, warna, dan tekstur makanan (Karam *et al.* 2023).

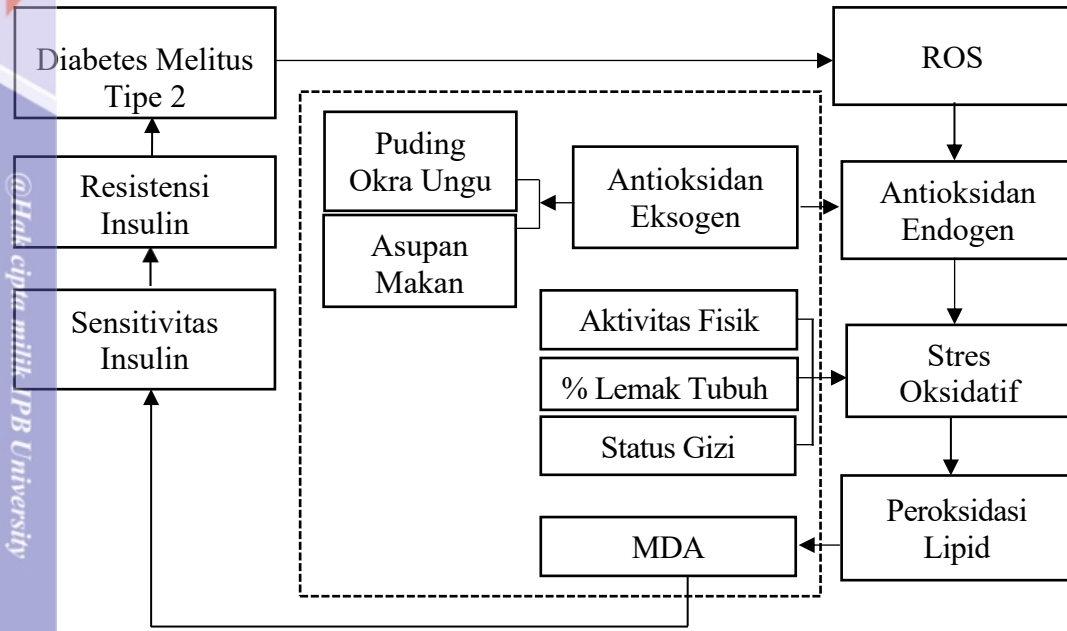
III KERANGKA PEMIKIRAN

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) adalah salah satu jenis diabetes yang disebabkan oleh berbagai faktor, ditandai dengan tingginya kadar gula darah (hiperglikemia) akibat disfungsi sel β pankreas dan resistensi insulin pada hati, otot rangka, dan jaringan adiposa. Mekanisme resistensi insulin ini terjadi pada tahap awal diabetes dan dapat berkembang pada disfungsi sel β pankreas, sehingga kondisi hiperglikemia tidak dapat dihindarkan (Galicia-Garcia *et al.* 2020). Pada penderita DMT2, fungsi sel β pankreas terus memburuk karena kerusakan *deoxyribonucleic Acid* (DNA) terkait stres oksidatif di pankreas. Kondisi stres oksidatif terjadi karena ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dengan peredam radikal alami yang menyebabkan kerusakan oksidatif (Salsabila *et al.* 2022). Radikal bebas dapat terakumulasi sejak awal kehidupan dan meningkat sejalan dengan penambahan usia. Kategori usia dewasa lebih beresiko mengalami peningkatan penanda stres oksidatif akibat paparan radikal bebas yang membentuk *Reactive Oxygen Species* (ROS) dari sumber endogen dan eksogen (Sharifi-Rad *et al.* 2020). Kelebihan senyawa oksigen reaktif ini dapat memodifikasi molekul di berbagai jaringan, meningkatkan jumlah radikal bebas (Forrester *et al.* 2018). Radikal bebas yang berlebihan akan memicu reaksi autokatalitik yang menyebabkan kerusakan komponen utama sel, terutama lemak, yang mengakibatkan peroksidasi lipid (Burgos-Morón *et al.* 2019).

Peroksidasi lipid menghasilkan produk akhir sekunder berupa malondialdehida (MDA). Produk akhir sekunder ini terbentuk dari proses enzimatik dan non enzimatik sebagai *biomarker* yang dapat diandalkan untuk mengukur tingkat stres oksidatif (Ayala *et al.* 2014). Pada proses enzimatik, asam arakidonat (AA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) menghasilkan MDA selama biosintesis *thromboxane A₂* dan *12-l-hydroxy-5,8,10-heptadecatrienoic acid*. Proses non-enzimatik, radikal bebas bereaksi dengan PUFA dan AA, yang memicu terbentuknya MDA selama peroksidasi lipid. Antioksidan membantu penurunan risiko peningkatan kadar MDA dengan memberikan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitasnya dapat dihambat.

Okra ungu merupakan varietas unggul zahira yang diidentifikasi memiliki komponen bioaktif yang lebih baik dibandingkan okra hijau (Anjani *et al.* 2018a). Komponen bioaktif pada okra ungu dapat dimanfaatkan dalam bentuk pangan fungsional, salah satunya yaitu puding. Produk puding berbahan dasar okra ungu memiliki kapasitas antioksidan dengan metode *2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) dengan nilai 124,75 mg AEAC 100 g⁻¹, kandungan total flavonoid sebesar 79,20 mg QE 100 g⁻¹, dan kandungan total fenol sebesar 28,35 mg QE 100 g⁻¹ yang lebih tinggi dari kandungan total fenol minuman jelly berbahan dasar okra. (Jannah 2024). Kandungan polifenol pada buah okra dapat mencegah peroksidasi lipid yang ditunjukkan oleh penurunan kadar MDA serta dapat meningkatkan antioksidan endogen, yaitu *Superoxide Dismutase* (SOD) dan GPx (Shen *et al.* 2019; Gemedé *et al.* 2015).

Penelitian ini menilai asupan makan untuk mengontrol perubahan kadar MDA. Penelitian ini juga akan menilai aktivitas fisik, persen lemak tubuh, dan status gizi sebagai faktor yang mempengaruhi kondisi stres oksidatif. Kerangka pemikiran penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kerangka pemikiran penelitian pengaruh pemberian puding dengan okra ungu (*Abelmoschus esculentus* L. moench) terhadap malondialdehida orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2.

Keterangan:

- : Hubungan
 - - - : Ruang Lingkup Penelitian

IV METODE

4.1 Desain dan Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian utama dengan judul “Uji Efikasi Puding dan Suplemen Okra Ungu (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) terhadap Perbaikan Biomarker Klinis dan nutrigenomik pada Penderita Diabetes” yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. dan didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) melalui Program Penelitian Jalur Hilirasasi (PT-JH) dengan Nomor Kontrak 027/ES/PG.02.00.PL/2024. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *randomized double-blind controlled trials* (RCTs) serta pendekatan *pretest–posttest with control group*. Subjek dibagi secara *randomized control trial* menjadi kelompok intervensi puding dengan okra ungu dan kelompok kontrol. Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu penelitian tahap 1 untuk pengembangan puding dengan okra ungu dan penelitian tahap 2 untuk uji karakteristik fisik, analisis komponen bioaktif, uji organoleptik dan intervensi puding dengan okra ungu pada orang dewasa Diabetes Melitus Tipe 2.

4.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tahap 1 dan 2 akan dilaksanakan pada bulan Desember 2024–Agustus 2025. Penelitian tahap 1 akan dilakukan di Laboratorium Percobaan Makanan, Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran dan Gizi, IPB University untuk pembuatan puding dengan okra ungu. Penelitian tahap 2 akan dilakukan 1) Laboratorium Organoleptik, Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran dan Gizi, IPB University untuk uji organoleptik produk puding dengan okra ungu, 2) Laboratorium Instrumentasi Analisis, Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran dan Gizi, IPB University untuk analisis kadar total fenolik dan flavonoid serta aktivitas dan kapasitas antioksidan pada puding dengan okra ungu dan analisis kadar malondialdehid subjek, 3) Puskesmas Tanah Sareal dan Puskesmas Semplak untuk intervensi puding dengan okra ungu pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2 akan dilaksanakan selama 6 minggu (42 hari). *Ethical clearance* pada penelitian ini didapat dari Komisi Etik Penelitian yang Melibatkan Subjek Manusia, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), IPB University dengan Nomor: 1451/IT3.KEPMSM-IPB/SK/2024.

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

4.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) Pembuatan puding yaitu pisau, blender (philip HR 2115), timbangan digital ketelitian 0,1 g dan 0,01g, saringan, panci, sendok, *cup* plastik, mangkok, gelas ukur, baskom *stainless steel*, saringan, kompor gas, termometer untuk *blanching*, *cup* puding plastik dan *chiller*; 2) Analisis karakteristik fisik dan komponen bioaktif (kadar total flavonoid dan fenolik, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan) puding yaitu tabung reaksi (pyrex), rak tabung reaksi, sonikator, mikropipet (Acura 825

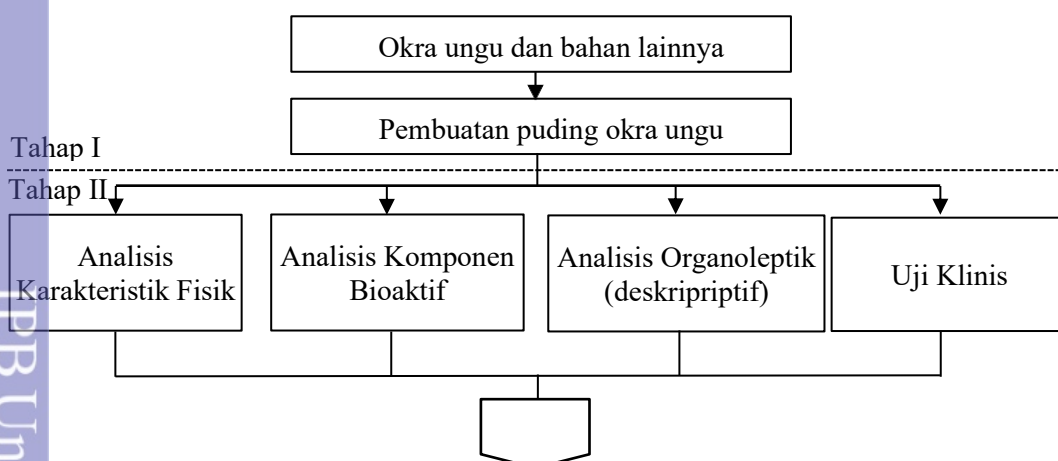
Socorex, Switzerland), erlenmeyer, aluminium foil, labu takar, gelas saring, gelas kimia, batang pengaduk, neraca analitik (Daihan WBA-220, Korea), *vacuum pan evaporator*, soxhtech, spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan), *beaker glass (pyrex)*, *vortex* (VM-300 Gemmy, Taiwan), *water bath*, *vacuum filter*, kertas saring whatman no. 41, kuvet, *Texture Analyzer* (IMADA Force Measurement, Jepang) dengan *probe Warner-Bratzler Blader*, pH meter (Ohaus Starter 3100, USA), dan *color analyzer colorimeter* (AMT511, AMTAST, China); 3) Uji klinis subjek yaitu *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) *device*, *glucometer pen* (Accu Chek, Jerman), *ice pack*, *microtoise*, *pre-coated 96-well microplate*, inkubator, *centrifuge*, *glucometer* (Accu Chek, Jerman), *cool box*, *microcentrifuge tube* 1.5 mL (Eppendorf AG, Jerman), dan *microplate reader multimode* (Biotek Agilent, Synergy HTX SILFTA, Vermont, USA).

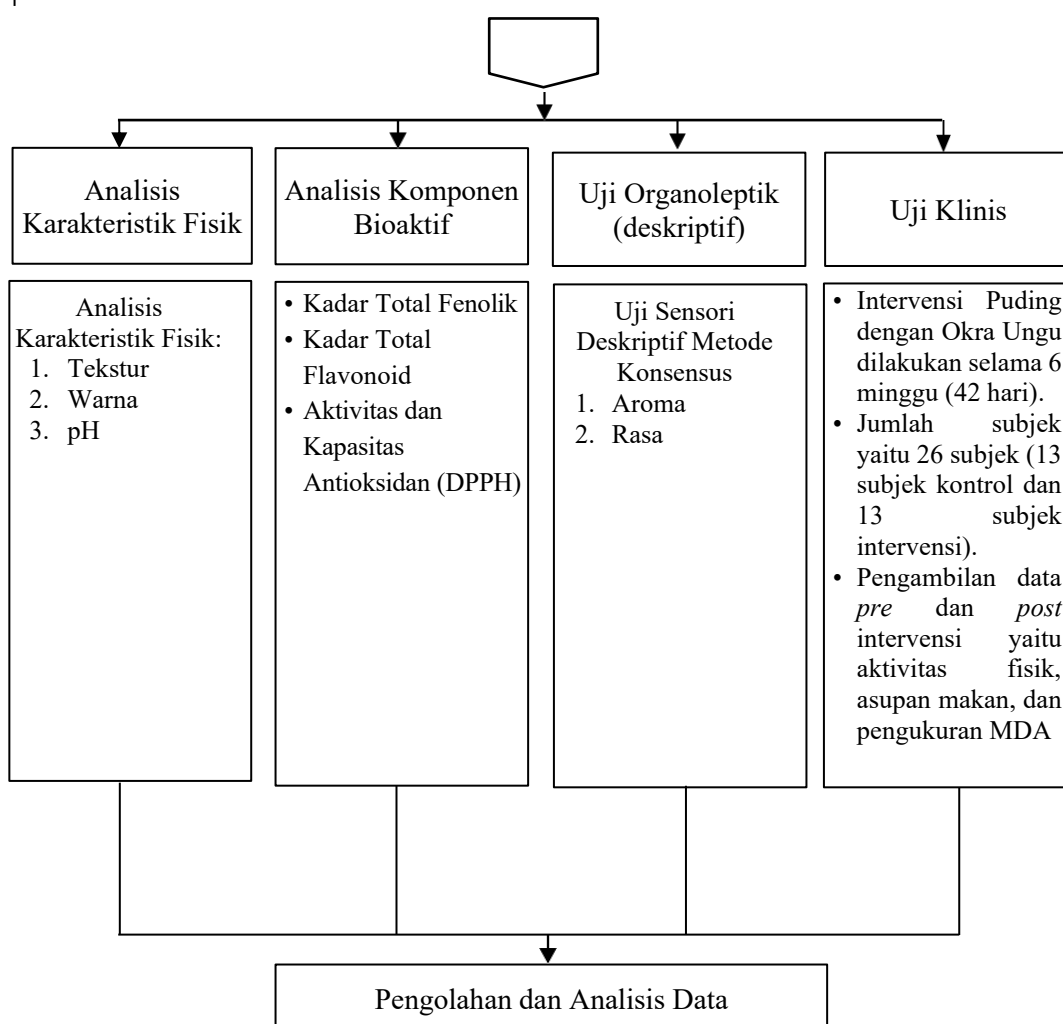
4.3.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu okra ungu yang merupakan hasil biofortifikasi yang dikembangkan di Kebun Percobaan Leuwikopo oleh Prof. Dr. Muhammad Syukur, S.P., M.Si. dari Pusat Kajian Hortikultura Tropika IPB. Okra ungu sebagai bahan utama pembuatan puding, terdapat juga bahan lainnya yaitu buah naga, buah stroberi, susu *full cream* cair, sorbitol, vanili, bubuk agar, asam sitrat, kalium sorbat dan air. 1) Analisis komponen bioaktif (kadar total flavonoid dan fenol serta aktivitas dan kapasitas antioksidan) adalah ekstrak puding okra ungu, akuades, metanol p.a (Sigma, Jerman), kertas saring Whatman no. 41, standar kuersetin (Sigma, Jerman), larutan DPPH (Sigma, Jerman), reagen Folin-Ciocalteu (Sigma, Jerman), natrium karbonat, $AlCl_3$ (Sigma, Jerman), *gallic acid* (Sigma, Jerman), $NaNO_2$ (Sigma, Jerman), Na_2CO_3 (Sigma, Jerman) $NaOH$ (Sigma, Jerman), dan standar vitamin C (Sigma, Jerman). 2) Uji klinis subjek yaitu *alcohol swab*, *lancet*, *vacutainer tube*, *strip glucometer* (Accu Chek, Jerman), dan kit MDA ELISA BZ-08121731-EB 96 wells (Bioenzy, Indonesia).

4.3.3 Kuesioner

Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kuesioner skrining, Naskah Penjelasan Sebelum Persetujuan (NPSP), *informed consent*, aktivitas fisik, asupan makan *food recall* 2×24 jam, dan lembar kepatuhan.



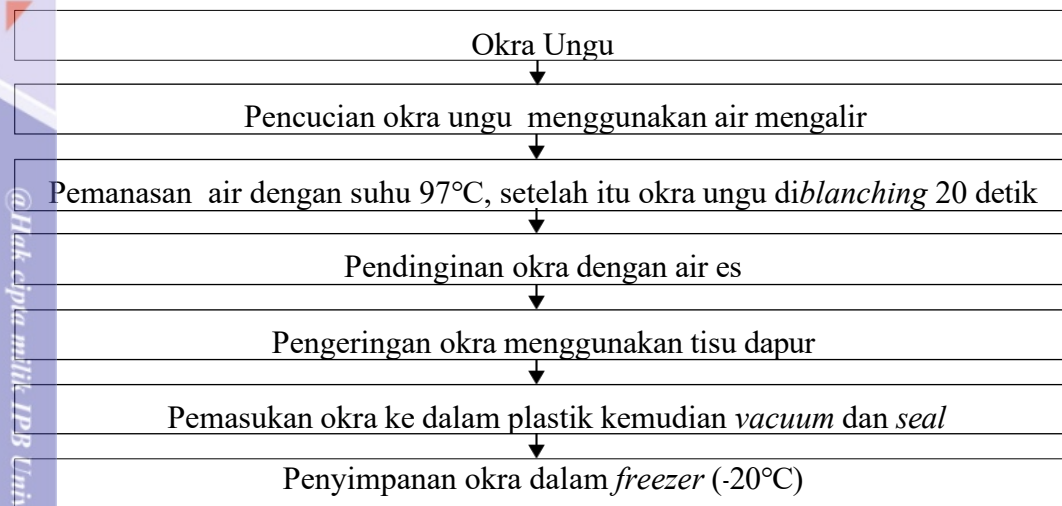


Gambar 4 Diagram alir penelitian

4.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan pemanenan okra ungu di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB Dramaga. Okra yang telah dipanen kemudian mengalami proses *blanching* untuk menginaktivasi enzim penyebab penurunan mutu, selanjutnya dikemas dan disimpan di dalam *freezer* hingga digunakan sebagai bahan baku pembuatan puding. Prosedur penanganan okra ungu segar disajikan pada Gambar 5.

Optimalisasi formula puding dengan okra ungu dilakukan melalui beberapa tahap uji coba hingga diperoleh formula terbaik berdasarkan karakteristik tekstur, aroma, dan rasa. Formula terbaik selanjutnya digunakan sebagai formula tetap dalam penelitian, kemudian dilakukan analisis karakteristik fisik, uji penerimaan sensori deskriptif dengan metode konsensus, dan analisis komponen bioaktif. Formula yang telah memenuhi kriteria penelitian selanjutnya digunakan sebagai produk intervensi pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2 selama 6 minggu (42 hari). Selama periode intervensi dilakukan pemantauan kepatuhan konsumsi produk, pengukuran karakteristik subjek, penilaian asupan makanan, aktivitas fisik, serta pengukuran kadar malondialdehida (MDA) sebelum dan sesudah intervensi. Diagram alir tahapan penelitian disajikan pada Gambar 4.



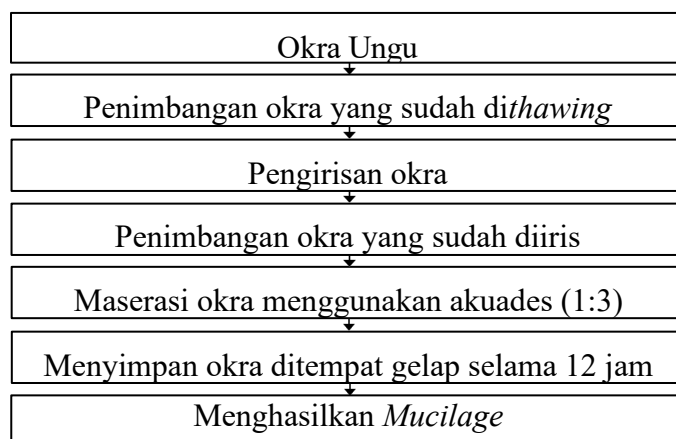
Gambar 5 Prosedur penanganan okra ungu segar (Damayanthi *et al.* 2024 dengan modifikasi)

4.4.1 Penelitian Tahap Pertama

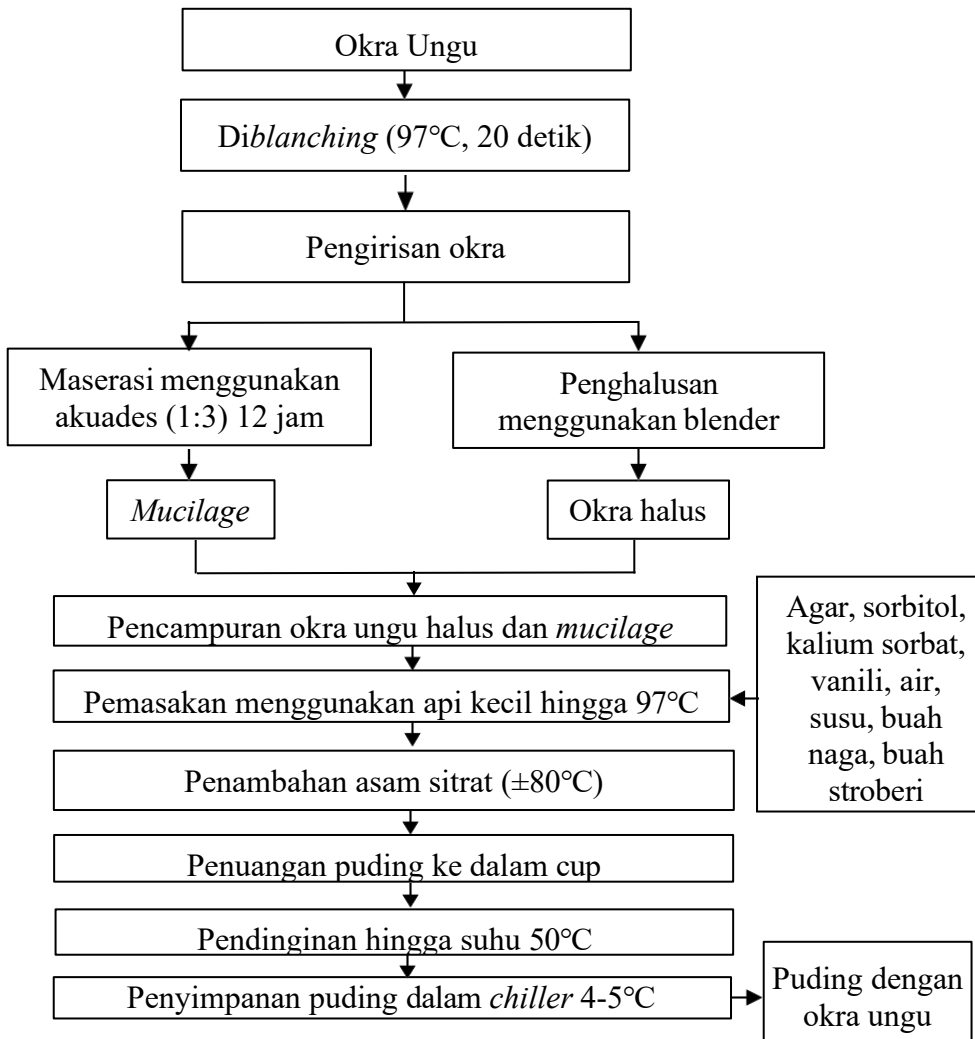
Tujuan penelitian pada tahap ini yaitu untuk mengetahui ekstraksi mucilage dari okra ungu dan pembuatan puding dengan okra ungu serta mengetahui komposisi puding dengan okra ungu.

a) Pembuatan Puding dengan Okra Ungu

Proses pembuatan puding dengan okra ungu diawali dengan melakukan *blanching* okra ungu pada suhu 97°C selama 20 detik. Kemudian sebagian okra yang telah melalui proses *blanching* diekstraksi gelnya menggunakan aquades (1:3) selama 12 jam yang dapat dilihat pada Gambar 6. Sebagian lagi dihaluskan menggunakan blender. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan adonan puding dengan cara mencampurkan bubuk agar, sorbitol, kalium sorbat, vanili, susu, buah naga, buah stroberi dan air, lalu tambahkan okra halus beserta lendirnya ke dalam adonan puding. Setelah adonan puding selesai dimasak, api dimatikan, dan ditambahkan asam sitrat. Puding dengan okra ungu dituang ke dalam cup dengan berat ± 120 g dan didinginkan. Cara pembuatan puding merujuk pada Jannah (2024) yang disajikan pada Gambar 7 dan komposisi puding dengan okra ungu ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 6 Ekstraksi *mucilage* dari okra ungu (Damayanthi *et al.* 2024)



Gambar 7 Diagram pembuatan puding dengan okra ungu (Jannah 2024 dengan modifikasi)

Tabel 3 Komposisi puding dengan okra ungu

Bahan	Komposisi (%)	
	F0 (Puding tanpa okra ungu)	F1 (Puding dengan okra ungu)
Air	73,7	49,4
Okra ungu halus	0	16,5
<i>Mucilage</i>	0	16,5
Susu <i>full cream</i>	14,7	9,9
Sari buah naga	4,9	3,3
Sari buah stroberi	2,5	1,6
Sorbitol	2,0	1,3
Bubuk agar	1,6	1,1
Vanili	0,2	0,1
Asam sitrat	0,3	0,2
Kalium sorbat	0,1	0,1
Total	100	100

Sumber: Damayanthi *et al.* (2024)

4.4.2 Penelitian Tahap Kedua

Penelitian tahap kedua pada puding okra ungu yaitu analisis karakteristik fisik (tekstur, warna, dan pH), kimia (kadar flavonoid total dan fenolik, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan), uji organoleptik (deskriptif metode konsensus), dan uji klinis.

a) Analisis Karakteristik Fisik

Analisis karakteristik fisik pada puding okra ungu yaitu tekstur (metode *Texture Profile Analysis* (TPA)), warna (metode *colorimeter*), dan derajat keasaman (pH) (metode elektrometri).

1. Tekstur

Analisis ini bertujuan mendapatkan tekstur puding okra ungu. Analisis tekstur produk akan dinilai yaitu kekenyalan (*chewiness*) dalam tiga kali pengulangan menggunakan alat *Texture Analyzer* (IMADA Force Measurement, Jepang) dengan *probe Warner-Bratzler Blader*. *Texture analyzer* menggunakan *probe* silinder berdiameter 5 mm yang akan menekan produk dengan kompresi 40% dan kecepatan 1,0 mm s⁻¹ pada suhu ruang (Yusof *et al.* 2019; Mastuti dan Setiawanto 2022).

2. Warna

Parameter warna produk termasuk salah satu atribut pangan yang berpengaruh pada daya terima suatu produk. Pengujian warna menggunakan metode *colorimeter* (Handayani *et al.* 2017). Pengamatan warna dapat dilakukan menggunakan alat *color analyzer colorimeter* (AMT511, AMTAST, China) dengan tiga kategori nilai, yaitu L, a, dan b dengan keterangan sebagai berikut (Nielsen 2010):

L: kecerahan (*lightness*) dengan rentang nilai 0-100 (0 = hitam; 100 = putih)

a: campuran warna merah dan hijau (a positif = merah; a negatif =hijau)

b: campuran warna biru dan kuning (b positif = kuning; b negatif =biru)

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan salah satu parameter yang menentukan mutu dari produk (Kusumaningrum *et al.* 2016). Analisis keasaman produk diukur menggunakan pH meter (Ohaus Starter 3100, USA) dengan metode elektrometri (AOAC 2005). Nilai pH akan tertera pada layar pH meter setelah kondisi spontan.

b) Analisis Karakteristik Kimia

Analisis karakteristik kimia pada puding dengan okra ungu yaitu preparasi sampel, analisis total fenolik dan flavonoid, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan.

1. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan untuk analisis komponen bioaktif merupakan ekstrak metanol puding dengan okra ungu. Ekstrak diperoleh melalui beberapa tahap, yaitu diawali dengan menghaluskan puding dengan okra ungu menggunakan blender. Puding dengan okra ungu halus kemudian di maserasi menggunakan metanol (1:2,5). Maserasi dilakukan selama 2 jam dalam sonikator dengan keadaan wadah tertutup aluminium foil. Hasil maserasi kemudian disaring menggunakan *vacuum filter* dan kertas saring Whatman no.

41 untuk memisahkan larutan dan residu puding. Larutan dikeringkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 60°C dengan tekanan 72 mbar.

2. Analisis Total Fenolik

Kadar fenolik total puding dengan okra ungu dianalisis menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* (FC) dengan mengacu pada metode penelitian Nurhasnawati *et al.* (2019) yang dimodifikasi. Prinsip metode ini didasarkan pada proses oksidasi gugus fenolik hidroksil yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna biru melalui reaksi antara senyawa fenolik dengan folin-ciocalteu. Validitas pengukuran kadar fenolik total ditentukan berdasarkan kurva standar asam galat yang menghasilkan persamaan regresi linear dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9954.

Langkah awal pengujian yaitu menyiapkan larutan sampel sebanyak 0,01 g dilarutkan dengan pelarut metanol p.a dalam labu takar 10 mL. Sebanyak 100 μ L sampel yang sudah disiapkan dipipet, kemudian ditambahkan 2000 μ L Na_2CO_3 10%, larutan dihomogenkan dengan *vortex* (VM-300 Gemmy, Taiwan) lalu diinkubasi pada suhu ruang dalam keadaan gelap selama 5 menit. Kemudian ditambahkan 1000 μ L larutan Folin Ciocalteu, larutan dihomogenkan dengan *vortex* (VM-300 Gemmy, Taiwan) dan diinkubasi pada suhu ruang dalam keadaan gelap selama 30 menit Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan) pada panjang gelombang 780 nm. Hal yang sama dilakukan pada standar asam galat yang dibuat dengan deret konsentrasi 12,5; 25; 50; 100 dan 200 mg/L (atau ppm) masing-masing 10 ml. Untuk mendapatkan kurva kalibrasi standar. Blanko sampel disiapkan dengan menggunakan metanol p.a dan blanko standar menggunakan akuades. Kurva standar asam galat diperoleh dari berbagai absorbansi konsentrasi tertentu yang memiliki nilai persamaan $y=ax+b$. Kadar fenolik total dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE) g^{-1} ekstrak puding okra ungu dan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Fenolik total (mg GAE g}^{-1}\text{)} = \frac{c \times v}{w}$$

Keterangan:

c = konsentrasi sampel yang ditetapkan dari kurva kalibrasi (mg/L)

v = volume larutan sampel (mL)

w = berat sampel (g)

3. Analisis Total Flavonoid

Pengukuran kadar flavonoid total puding dengan okra ungu dianalisis menggunakan metode kolorimetri dengan mengacu pada metode penelitian Nurhasnawati *et al.* (2019) yang dimodifikasi. Pada prinsipnya, metode ini melibatkan pembentukan asam yang stabil antara AlCl_3 (Sigma, Jerman) dengan gugus keton C4 dan gugus hidroksil C3 atau C-5 dari flavon dan flavonol (kompleks aluminium klorida-flavonoid). Validitas pengukuran kadar flavonoid total ditentukan berdasarkan kurva standar kuersetin yang menghasilkan persamaan regresi linear dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9983.

Langkah awal pengujian yaitu menyiapkan larutan NaNO_2 15%, AlCl_3 10%, dan NaOH 4%. Sampel sebanyak 0,01 g dilarutkan dengan pelarut metanol p.a dalam labu takar 10 mL. Kemudian dipipet sebanyak 500 μ L larutan sampel dan menambahkan 150 μ L NaNO_2 15% dan diinkubasi selama 6 menit pada suhu

ruang dalam keadaan gelap. Selanjutnya menambahkan AlCl_3 10%, sebanyak 150 μL dan diinkubasi kembali selama 60 menit dalam keadaan gelap pada suhu ruang. Langkah selanjutnya yaitu menambahkan NaOH 4% sebanyak 2000 μL dan 2000 μL akuades. larutan dihomogenkan dengan *vortex* (VM-300 Gemmy, Taiwan) dan diinkubasi pada suhu ruang dalam keadaan gelap selama 15 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan). Hal yang sama dilakukan terhadap standar kuersetin (2-(3,4 Dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4H-1-benzopyran-4-one, 3,3',4',5,6 Pentahydroxyflavone). Standar dibuat menjadi deret dengan konsentrasi 12,5; 25; 50; 100 dan 200 mg/L (atau ppm) masing-masing 10 ml untuk mendapatkan kurva kalibrasi standar. Blanko sampel dan blanko standar disiapkan dengan menggunakan metanol p.a. Kurva standar asam galat diperoleh dari berbagai absorbansi konsentrasi tertentu yang memiliki nilai persamaan $y=ax+b$. Flavonoid total dihitung sebagai mg *quercetin equivalent* (QE) g-1 ekstrak puding okra ungu dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Flavonoid total (mg QE g}^{-1}\text{)} = \frac{c \times v}{w}$$

Keterangan:

- c = konsentrasi sampel yang ditetapkan dari kurva kalibrasi (mg/L)
- v = volume larutan sampel (mL)
- w = berat sampel (g)

4. Analisis Aktivitas dan Kapasitas Antioksidan menggunakan metode DPPH

Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH mengacu pada Molyneux (2004) dan Nurhasnawati *et al.* (2019) modifikasi. Metode ini menghasilkan nilai absorbansi yang menggambarkan kemampuan antioksidan dalam menangkap radikal bebas (% inhibisi) untuk menentukan nilai *inhibition concentration* (IC_{50}). Nilai IC_{50} diartikan sebagai konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas DPPH, dimana semakin rendah nilai IC_{50} menunjukkan semakin kuat aktivitas antioksidannya. Kapasitas antioksidan puding dengan okra ungu dihitung sebagai kesetaraan dengan vitamin C. Validitas pengukuran Aktivitas dan Kapasitas Antioksidan ditentukan berdasarkan kurva standar vitamin C yang menghasilkan persamaan regresi linear dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,996.

Langkah pengukuran aktivitas antioksidan diawali dengan menyiapkan sampel menjadi beberapa konsentrasi yaitu 62,5, 125, 250, 500, 1000 mg/L (atau ppm) masing-masing 10 ml dengan menambahkan metanol. Radikal DPPH dilarutkan dalam etanol untuk memperoleh larutan DPPH 60 mg/L. Selanjutnya dipipet sebanyak 2000 μL sampel ke dalam tabung reaksi. Kemudian dengan jumlah yang sama ditambahkan larutan DPPH ke dalam tabung reaksi. Penambahan radikal DPPH akan mengubah warna larutan menjadi ungu hingga ungu muda yang menandakan terjadinya reaksi antara radikal DPPH dengan kandungan antioksidan sampel. Larutan dihomogenkan dengan *vortex* (VM-300 Gemmy, Taiwan) diinkubasi pada suhu ruang dalam keadaan gelap selama 30 menit kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan) pada panjang gelombang 517 nm. Blanko sampel disiapkan dengan menggunakan metanol p.a dan blanko tandar menggunakan akuades. Larutan kontrol disiapkan menggunakan metanol p.a dan larutan DPPH

sedangkan larutan kontrol standar disiapkan menggunakan akuades dan larutan DPPH. Nilai aktivitas antioksidan dengan metode DPPH dinyatakan sebagai %inhibisi, yaitu kemampuan senyawa antioksidan dalam sampel untuk menangkap radikal bebas. Aktivitas antioksidan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{(\text{Abs kontrol} - (\text{Abs sampel} - \text{Abs blanko sampel}))}{\text{Abs kontrol}} \times 100 \%$$

Kapasitas antioksidan puding dengan okra ungu dihitung sebagai kesetaraan dengan vitamin C (Kubo *et al.* 2002). Untuk dapat mengetahui kesetaraannya dengan vitamin C maka dibuat kurva standar vitamin C dengan cara yang sama seperti pada sampel. Pembuatan kurva standar ini dilakukan dengan menambahkan standar vitamin C sebanyak 0,1 g dilarutkan dengan pelarut akuades dalam labu takar 10 mL. Larutan standar vitamin C kemudian diencerkan pada konsentrasi berbeda (62,5, 125, 250, 500, 1000 mg/L (atau ppm) yang kemudian absorbansi dibaca pada panjang gelombang 517 nm dan dibuat persamaan kurva standar vitamin C. Kapasitas antioksidan dinyatakan dalam mg *ascorbic acid equivalent antioxidant capacity* per g (mg AEAC g-1) ekstrak puding okra ungu menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{AEAC (mg vit C } 100\text{g}^{-1}) = \frac{(\text{IC}_{50} \text{ vit C})}{(\text{IC}_{50} \text{ sampel})} \times 100$$

c) Uji Organoleptik

Uji organoleptik penelitian ini menggunakan uji sensori deskriptif metode konsensus. Uji sensori deskriptif metode konsensus adalah suatu metode uji sensori oleh panelis terlatih yang bertujuan untuk mendeskripsikan atribut sensori tertentu dari suatu produk yang prosesnya melibatkan konsensus dalam mengidentifikasi dan menentukan deskripsi atribut, intensitas atribut, hingga hasil akhir uji (Chambers 2018). Panelis yang berpartisipasi dalam uji deskriptif adalah sebanyak 12 panelis terlatih sesuai ISO 8586 yang berusia 23 tahun sampai 40 tahun. Panelis direkrut berdasarkan pengalaman melakukan uji sensori, tertarik, bersedia, dan terbiasa mengonsumsi puding. Semua panelis merupakan mahasiswa pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Uji konsensus ini dilakukan dengan durasi waktu 3 jam selama 2 hari. Pemilihan hari disesuaikan dengan kesediaan dan kesepakatan panelis yang diorganisir oleh peneliti. Uji deskriptif metode konsensus, panelis diminta untuk memilih standar deskriptor yang paling mendekati produk dan memberikan penilaian intensitas standar deskriptor menggunakan metode penggaris 15 cm dengan skala 0-15.

Seleksi panelis dilakukan sebelum analisis sensori deskriptif dimulai yaitu dengan pengenalan beberapa deskriptor rasa dan aroma dasar. Panelis diminta membedakan dan mengidentifikasi standar rasa dan aroma, serta mengurutkan standar tersebut dari konsentrasi terendah hingga konsentrasi tertinggi menggunakan uji segitiga dengan menilai rasa dasar (manis, asam, asin, pahit dan umami) dan aroma dasar. Calon panelis dinyatakan lulus apabila menjawab benar 100% untuk atribut rasa dan $\geq 80\%$ untuk atribut aroma (Meilgaard *et al.* 1999) (Lampiran 2). Uji sensori deskriptif dengan metode konsensus diawali dengan penjelasan atribut kepada panelis terseleksi dan pelatihan konsensus untuk menyamakan persepsi terhadap atribut yang dinilai. Tahap kedua, adalah

mengidentifikasi aroma dan rasa yang terdapat pada produk dengan mencium dan mencicipi produk puding yang disajikan. Tahap ini panelis mendeteksi atau membuat daftar deskriptor yang dapat digunakan untuk produk. Panelis dilakukan untuk menentukan apakah deskriptor perlu dihilangkan atau ditambahkan dari daftar deskriptor. Panelis juga mengidentifikasi kemungkinan standar referensi dari deskriptor yang akan digunakan pada atribut. Adapun daftar akhir deskriptor dan definisinya untuk setiap atribut yang berhasil diidentifikasi oleh panelis disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Definisi atribut dan standar referensi puding dengan okra ungu yang digunakan oleh panelis terlatih untuk mendeskripsikan puding dengan okra ungu

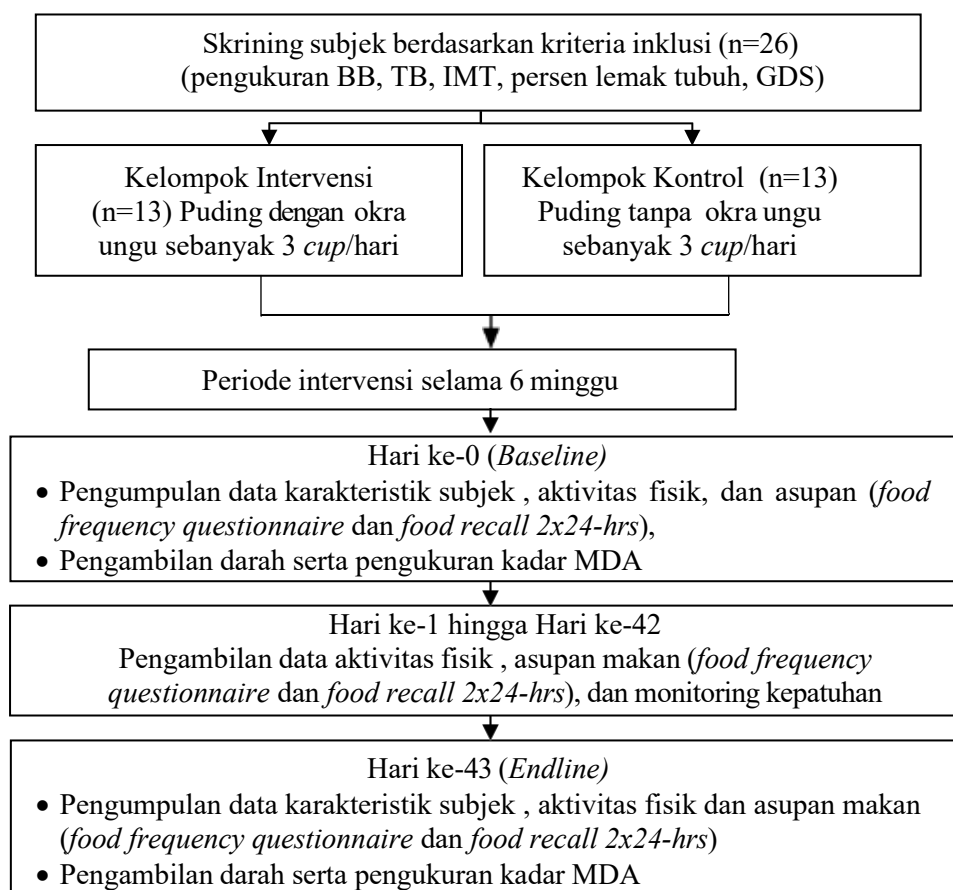
Atribut sensori	Definisi	Standar referensi dan intensitas
Aroma		
<i>Creamy</i>	Aroma khas dari susu	50 ml susu <i>full cream</i> ditambahkan 100 ml air (intensitas= 6)
Buah strawberry	Aroma seperti buah strawberry	50 ml jus buah strawberry ditambahkan 100 ml air (intensitas= 3)
Buah naga	Aroma seperti buah naga	50 ml jus buah naga ditambahkan 100 ml air (intensitas= 4)
Vanilla	Aroma manis, lembut seperti khas vanila	Larutan vanili 0,5%(intensitas=6)
Khas okra ungu	Aroma seperti khas buah okra ungu (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench)	50 g okra ungu ditambahkan 100 ml air dan di blender (intensitas=15)
Rasa		
Asam	Rasa pada lidah saat mencicipi asam sitrat	Larutan asam sitrat 0,5% (intensitas=7)
Manis	Rasa pada lidah saat mencicipi larutan sukrosa	Larutan sukrosa 1,2% (intensitas=5)
<i>Creamy</i>	Rasa pada lidah saat mencicipi susu <i>full cream</i>	50 ml susu <i>full cream</i> ditambahkan 100 ml air (intensitas= 5)
Buah strawberry	Rasa pada lidah saat mencicipi buah strawberry	50 ml jus buah strawberry ditambahkan dalam 100 ml air (intensitas= 6)
Buah naga	Rasa pada lidah saat mencicipi buah naga	50 ml jus buah naga ditambahkan 100 ml air (intensitas= 4)
Khas okra ungu	Rasa khas dari buah okra ungu (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench)	50 g okra ungu ditambahkan 100 ml air dan di blender (intensitas=15)

Perbandingan intensitas aroma dan rasa antara sampel dan standar dilakukan oleh panelis. Sebanyak 10 g sampel disajikan dalam wadah dan diberi tiga digit kode acak. Panelis diminta melakukan evaluasi pada atribut aroma, rasa dan referensinya terhadap sampel pada skala 0 hingga 15 dalam bilik. Disediakan kopi untuk penetral aroma serta roti tawar dan air untuk penetral rasa.

Data hasil evaluasi individu diolah dan deskripsi atribut produk yang diperoleh disajikan dalam bentuk scatter plot.

d) Uji Klinis

Tahapan uji klinis dalam penelitian ini meliputi beberapa proses yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari penentuan jumlah subjek berdasarkan perhitungan besar sampel serta penetapan metode pengambilan subjek sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Selanjutnya dilakukan proses skrining untuk memastikan subjek memenuhi persyaratan penelitian, diikuti dengan persiapan produk intervensi berupa puding okra ungu yang telah memenuhi standar mutu dan keamanan. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan intervensi sesuai dengan dosis dan lama pemberian yang telah ditentukan, disertai pemantauan kepatuhan konsumsi subjek selama periode intervensi. Sebelum dan sesudah intervensi dilakukan pengambilan sampel darah vena untuk mengukur kadar malondialdehida (MDA) sebagai biomarker stres oksidatif. Tahapan uji klinis disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tahapan uji klinis

1. Jumlah dan Cara Pengambilan Subjek

Perhitungan jumlah minimal subjek ditentukan menggunakan rumus perkiraan besar subjek terhadap rerata dua populasi independen dari Lemeshow *et al.* 1990 dalam Notoatmodjo (2012) sebagai berikut.

$$n = \frac{2\sigma^2 \times [Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta}]^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Keterangan :

- n : Jumlah sampel minimal yang diperlukan dalam penelitian
 $Z_{(1-\alpha/2)}$: Tingkat kemaknaan ($Z=1,96$ dengan tingkat kepercayaan 95%)
 $Z_{(1-\beta)}$: Kekuatan uji ($Z=0,84$ dengan power 80%)
 σ : Standar deviasi dari selisih rerata kadar MDA (Salsabila 2023)
 $\mu_1 - \mu_2$: Selisih rerata kadar MDA dua kelompok yang bermakna (Salsabila 2023)

Berikut adalah rincian perhitungan subjeknya :

Diabetes Melitus :

$$n = \frac{2(170,18)^2 \times [1,96 + 0,84]^2}{(917,46 - 690,70)^2} = 8,83 \approx 9 \text{ subjek}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah minimal subjek yang dibutuhkan adalah 9 orang per kelompok. Dengan mempertimbangkan kemungkinan drop out sebesar 40%, jumlah subjek yang direkrut ditetapkan sebanyak 13 orang per kelompok, yang terdiri atas kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Seluruh subjek yang direkrut memenuhi kriteria inklusi penelitian. Subjek yang diikutsertakan dalam penelitian merupakan bagian dari populasi penelitian yang memenuhi kriteria inklusi berikut.

1. Kategori usia dewasa penderita DM yaitu 20-79 tahun (IDF 2025)
2. Subjek dewasa diabetes melitus tipe 2 dengan kadar GDP ≥ 126 mg dL-1 dan ≤ 250 mg/dL (PERKENI 2021)
3. Terbiasa mengonsumsi bentuk sediaan puding
4. Tidak memiliki alergi atau intoleransi susu.
5. Tidak merokok dan tidak mengonsumsi alkohol
6. Tidak dalam keadaan hamil dan menyusui
7. Bersedia menjadi subjek dan mematuhi peraturan yang dibuat selama penelitian dengan mengisi dan menandatangani *informed consent*
8. Dapat berkomunikasi dengan baik, *kooperatif* dan memiliki daya ingat yang masih baik.

Subjek yang memenuhi kriteria inklusi selanjutnya menuju periode intervensi. Subjek dengan kriteria eksklusi berikut tidak lagi diikutsertakan dalam penelitian.

1. Memiliki alergi susu atau intoleransi laktosa
2. Pasien DMT2 disertai komplikasi berat (retinopati, gangren, gagal ginjal berat, dan sebagainya)
3. Tingkat kepatuhan konsumsi puding okra ungu $< 80\%$ dari total intervensi yang diberikan.
4. Pindah atau berada di luar lokasi dalam waktu yang lama
5. Mengundurkan diri selama penelitian berlangsung

2. Skrining

Sebelum dilakukan skrining, calon subjek diberi informasi untuk berkumpul dan berpuasa 8-10 jam sebelum berkumpul untuk menerima penjelasan tentang penelitian sesuai naskah penjelasan sebelum persetujuan (NPSP) yang akan disampaikan oleh tim peneliti (lampiran 3). Calon subjek menandatangani *informed consent* (lampiran 4) untuk menyatakan kesediaannya mengikuti penelitian Skrining berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi dilakukan menggunakan kuesioner skrining (Lampiran 7). Pengukuran yang dilakukan pada tahap skrining meliputi tinggi badan (TB) menggunakan *microtoise*, berat badan (BB) dan persen lemak tubuh menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) device*, lingkar pinggang, lingkar perut, dan lingkar panggul menggunakan meteran pita, serta kadar glukosa darah puasa (GDP) menggunakan *glucometer*. Calon subjek ditetapkan menjadi subjek penelitian jika memenuhi kriteria inklusi.

3. Persiapan Intervensi

Sebanyak 26 subjek yang telah ditetapkan kemudian dibagi secara *randomized control trial* menjadi 2 kelompok yaitu kelompok intervensi (I) dan kelompok kontrol (K). Keakuratan dan validitas data pada saat intervensi dilakukan dengan cara *double blind*, dimana subjek dan peneliti tidak mengetahui jenis puding yang akan diberikan ke subjek apakah puding okra ungu atau puding kontrol, hingga seluruh proses pengumpulan dan analisis data selesai dilakukan. Kelompok intervensi (I) diberikan puding okra ungu sebanyak 3 *cup* dengan berat satu *cup* puding ± 120 g per hari dan kelompok kontrol (K) akan diberikan puding tanpa okra ungu sebanyak 3 *cup* dengan berat satu *cup* puding ± 120 g per hari. Kebutuhan puding dihitung berdasarkan jumlah subjek ($n=13$), durasi intervensi (42 hari), dan jumlah yang diberikan (3 *cup* per orang per hari).

$$\text{Jumlah puding yang diperlukan} = 13 \times 42 \times 3 = 1638 \text{ cup puding}$$

Jumlah yang diproduksi ditambahkan sebesar 10% dari total kebutuhan sehingga total puding yang diproduksi adalah 1802 *cup* puding. Jumlah puding kontrol yang tanpa okra ungu sama dengan jumlah puding okra ungu, yaitu sebanyak 1802 *cup* puding. Hal ini dilakukan sebagai cadangan untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan selama proses produksi, seperti tercecer atau terjatuh saat produksi, atau mengganti puding yang rusak. Puding yang dihasilkan digunakan untuk keperluan analisis dan dikemas dalam *cup* plastik bertutup dengan berat ± 120 g per *cup*. Puding okra ungu dapat dikonsumsi sekali waktu atau disimpan pada lemari pendingin untuk dikonsumsi pada hari yang sama. Subjek mencatat jumlah puding yang dihabiskan dan tersisa pada lembar kepatuhan (Lampiran 8).

4. Intervensi

Periode intervensi berlangsung selama enam minggu dengan bentuk intervensi berupa pemberian puding okra ungu sebanyak 3 *cup* per hari dengan 1 *cup* puding seberat ± 120 g. Jumlah okra ungu yang digunakan dalam formulasi 1 *cup* puding yaitu 30g okra halus dengan tambahan 30 ml gel okra yang didasarkan pada penelitian Moradi *et al* (2019). Perhitungan dosis okra ungu berdasarkan penelitian Moradi *et al* (2019), konversi bahan 10 g bubuk okra

setara dengan 100 g okra segar. Dalam 100 g puding okra ungu (1 cup) terkandung 25 g okra halus, dengan asumsi yield/rendemen okra segar ke okra halus sebesar 95%. Konversi dari okra halus ke okra segar menunjukkan bahwa 25 g okra halus setara dengan 26,3 g okra segar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa setiap 120 g puding (1 cup) mengandung 31,5 g okra segar. Berdasarkan kandungan tersebut, jumlah puding okra ungu yang diberikan per hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah puding dengan okra ungu} = \frac{100}{31,5} \times 1 \text{ cup} = 3,17 \text{ cup}$$

Waktu intervensi yang lebih lama dan kapasitas antioksidan yang lebih besar meningkatkan kebutuhan dosis minimal okra ungu. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pemberian puding okra ungu selama periode intervensi ditetapkan sebanyak 3 cup per hari.

Kepatuhan subjek untuk mengonsumsi puding dengan okra ungu dipastikan dengan pengisian lembar kepatuhan. Selama periode intervensi, dilakukan pengambilan data aktivitas fisik (Lampiran 9). Data asupan makan subjek selama periode intervensi diperoleh melalui 2×24 jam *food recall* (lampiran 6) yang dilakukan setiap minggu dengan ketentuan data asupan makan yang diambil pada hari kerja dan hari libur. Data dikumpulkan dalam bentuk ukuran rumah tangga (URT) yang kemudian dikonversi dalam satuan gram (g) untuk menghitung kandungan zat gizi. Data asupan makan dibandingkan dengan angka kebutuhan gizi untuk zat gizi makro dan angka kecukupan gizi (AKG) untuk zat gizi mikro untuk mengetahui tingkat kecukupan.

5. Pengambilan dan Pengujian Sampel Darah

Pengambilan dan pengujian sampel darah dilakukan oleh tenaga kesehatan dari Laboratorium Cito, Bogor. Subjek akan dipuasakan 8-10 jam sebelum pengambilan darah di pagi hari. Darah diambil dari pembuluh darah vena menggunakan *vacuum blood collection system* sehingga pengambilan darah hanya dilakukan satu kali. Sampel darah akan diambil sebanyak 5 mL dan ditempatkan di dalam tabung yang telah diberi label identitas subjek. Penanganan untuk menjaga kualitas dan stabilitas sampel dilakukan dengan penyimpanan sampel pada kondisi dingin dalam *coolbox* dengan pemberian *icepack* yang dikemas sesuai prosedur kerja yang ditetapkan. Pengambilan sampel darah dilakukan sebelum (hari ke-0) dan setelah intervensi (hari ke-43) untuk melihat perubahan kadar malondialdehid setelah pemberian puding okra ungu selama periode intervensi.

6. Prosedur Analisis Kadar Malondialdehida (MDA)

Analisis kadar serum MDA dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Analisis, Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran dan Gizi, IPB University. Analisis kadar serum MDA juga dilakukan dengan metode ELISA (sistem deteksi kolorimetri) menggunakan *microplate reader multimode* (Biotek Agilent, Synergy HTX SILFTA, Vermont, USA), pada panjang gelombang 450 nm (Abbexa 2022). MDA merupakan senyawa sangat reaktif yang terjadi secara alami dan sebagai penanda stres oksidatif. Hasil dari pengukuran kadar MDA sampel darah dinyatakan dalam nmol mL⁻¹. Prosedur analisis kadar MDA disajikan pada Lampiran 4.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data analisis karakteristik fisik puding dan data analisis komponen bioaktif dari okra ungu yaitu dan kadar total flavonoid menggunakan metode AlCl_3 dan fenol menggunakan metode *Folin-ciocalteu* serta aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH. Data uji klinis yang dikumpulkan meliputi status gizi subjek yang dinilai menggunakan indikator Indeks Massa Tubuh (IMT), yang dihitung berdasarkan data berat badan (BB) dan tinggi badan (TB), serta persentase lemak tubuh. Data aktivitas fisik diperoleh menggunakan kuesioner *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), sedangkan data asupan makanan selama periode intervensi dikumpulkan melalui metode *food recall* 2×24 jam dengan bantuan *booklet* foto makanan untuk meningkatkan akurasi estimasi ukuran porsi, serta kadar malondialdehida (MDA) subjek diukur menggunakan metode ELISA sebelum dan sesudah intervensi. Teknik pengumpulan data disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Teknik pengumpulan data

Variabel	Metode	Alat	Frekuensi
Tekstur	<i>Texture profile analysis</i> (TPA)	<i>Texture Analyzer</i> (IMADA Force Measurement, Japan) dengan <i>probe Warner-Bratzler Blader</i>	1 kali
pH	Elektrometri (AOAC 2005).	pH meter (Ohaus Starter 3100, USA)	1 kali
Warna	<i>Colorimeter</i> (Handayani <i>et al.</i> 2017)	<i>color analyzer colorimeter</i> (AMT511, AMTAST, China)	1 kali
Aktivitas dan Kapasitas Antioksidan	DPPH (Hwang 2009)	Spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan)	1 kali
Kadar fenolik total	<i>Folin-ciocalteu</i> (Nurhasnawati <i>et al.</i> 2019)	Spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan)	1 kali
Kadar flavonoid total	Kolorimetri (Nurhasnawati <i>et al.</i> 2019)	Spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 Shimadzu, Japan)	1 kali
Berat badan	Penimbangan	<i>Bioelectrical Impedance Analysis</i> (BIA) <i>device</i>	1 kali
Tinggi badan	Pengukuran	<i>Microtoise</i>	1 kali
Persen lemak tubuh	Pengukuran	<i>Bioelectrical Impedance Analysis</i> (BIA) <i>device</i>	1 kali
Asupan makan	Wawancara menggunakan <i>Food Recall</i> 2x24 jam	Kuesioner	2 kali

Tabel 5 Teknik pengumpulan data (*lanjutan*)

Variabel	Metode	Alat	Frekuensi
Aktivitas fisik	Wawancara menggunakan IPAQ (<i>International Physical Activity Questionnaire</i>)	Kuesioner	2 kali
Kadar MDA	ELISA (Abbexa 2022)	Microplate reader (Bio-rad Laboratories Inc, USA)	2 kali

4.5.1 Pengolahan Data

a. Status Gizi

Status gizi subjek dilihat menggunakan indikator IMT. Perhitungan IMT dilakukan menggunakan data BB dan TB subjek, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{IMT (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{BB(kg)}}{\text{TB (m)}^2}$$

Keterangan:

- IMT : Indeks massa tubuh (kg/m²)
- BB : Berat badan (kg)
- TB : Tinggi badan (m)

Hasil perhitungan IMT tersebut selanjutnya dikategorikan untuk mengetahui status gizi subjek. Kategori status gizi berdasarkan IMT yaitu *underweight* (<18,5 kg/m²), normal (18,5 – 22,9 kg/m²), *overweight* (23,0 – 24,9 kg/m²), obesitas I (25,0 – 29,9 kg/m²), dan obesitas II (>30 kg/m²) (Kemenkes 2018).

b. Konsumsi Pangan

Data asupan makanan yang diperoleh dari form *food recall* 2x24 jam dalam satuan Ukuran Rumah Tangga (URT) dikonversikan ke dalam satuan gram dan dianalisis kandungan energi dan zat gizi makronya menggunakan Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI). Kecukupan energi dan zat gizi subjek dihitung menggunakan Angka Kecukupan Gizi (AKG) menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes) tahun 2019 dengan koreksi berat badan aktual subjek. Tingkat kecukupan energi dan zat gizi diperoleh dengan membandingkan konsumsi energi dan zat gizi dengan kecukupan energi dan zat gizi subjek.

Perolehan tingkat kecukupan zat gizi akan dikategorikan berdasarkan tingkat kecukupan energi dan zat gizi makro berdasarkan berdasarkan Depkes tahun 1996 (Nurhidayati *et al.* 2017). yang dikategorikan menjadi 5 yaitu defisit berat (<70% AKG), defisit sedang (70-79% AKG), defisit ringan (80-89% AKG), normal (90-119% AKG) dan berlebih (>120% AKG). Klasifikasi tingkat kecukupan vitamin dan mineral berdasarkan Gibson (2005), yaitu kurang (<77% AKG) dan cukup (>77%AKG).

c. Aktivitas Fisik

Data aktivitas fisik dihitung melalui hasil kuesioner *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) Kuesioner ini menghitung aktivitas fisik yang dilakukan subjek selama 7 hari terakhir, kemudian setiap pertanyaan dalam panduan IPAQ akan diberi dengan satuan hasil *metabolic equivalents of task* (MET). MET merupakan *resting metabolic rate*, yaitu jumlah oksigen yang digunakan saat istirahat dan duduk dengan tenang. Nilai MET untuk setiap aktivitas yaitu 3,3 MET untuk intensitas ringan atau berjalan, 4,0 MET untuk intensitas sedang, dan 8,0 MET untuk intensitas tinggi. Rumus perhitungan skor aktivitas MET menit/minggu sebagai berikut:

$$\text{MET-menit/minggu} = \text{Tingkat MET} \times \text{total waktu (menit)} \times \text{total hari}$$

Hasil perhitungan pada setiap aktivitas digunakan untuk menghitung total skor MET dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total aktivitas fisik (MET)} = \text{jumlah skor aktivitas ringan} + \text{aktivitas sedang} + \text{aktivitas berat}$$

Hasil skor aktivitas fisik tersebut kemudian dikategorikan berdasarkan nilai total aktivitas fisik selama 7 hari. Total nilai MET dikategorikan menjadi 3 yaitu, kategori ringan yaitu <600 MET-menit/minggu, kategori sedang yaitu >600 MET sampai dengan 2999 MET dan kategori berat ≥ 3000 MET (IPAQ 2016).

4.5.2 Analisis Data

Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2021* dan *Nutrisurvey* dan dianalisis secara statistik dengan IBM SPSS versi 26.0 for Windows. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji *Saphiro-Wilk* pada data yang telah dikumpulkan karena jumlah sampel kurang dari 50, serta percobaan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

Data hasil karakteristik fisik, uji komponen bioaktif (Analisis total flavonoid dan fenolik, serta aktivitas dan kapasitas antioksidan), dan uji sensori deskriptif metode konsensus pada puding akan diolah dan disajikan dalam nilai rata-rata dan standar deviasi yang dianalisis menggunakan uji *independent samples t-test* jika data berdistribusi normal dan uji *Mann-Whitney U Test* jika data tidak berdistribusi normal dengan signifikansi $p < 0,05$. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui distribusi karakteristik subjek, kemudian uji beda *paired samples t-test* atau *Wilcoxon Signed Ranks Test* pada selang kepercayaan 95% digunakan untuk membandingkan nilai sebelum dan setelah intervensi pada tiap kelompok, sedangkan uji *independent sample t-test* atau *Mann-Whitney U Test* digunakan untuk membandingkan nilai perubahan variabel antar kelompok pada taraf signifikansi 95% dengan nilai signifikansi yang digunakan yakni < 0.05 .

3.6 Definisi Operasional

Aktivitas fisik adalah aktivitas yang mengharuskan tubuh untuk mengeluarkan tenaga dan energi yang akan diberi skor dengan menggunakan kuesioner *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ).

Antioksidan adalah senyawa yang dapat memerangkap radikal bebas.

Asupan zat gizi makro adalah jumlah asupan makanan dan minuman sumber zat gizi makro yang diperoleh melalui wawancara *food recall* 2x24-hrs, disajikan dalam bentuk rerata serta dibandingkan dengan kebutuhan zat gizi secara individu.

Asupan zat gizi mikro adalah jumlah asupan makanan dan minuman sumber zat gizi mikro yang diperoleh melalui wawancara *food recall* 2x24-hrs, disajikan dalam bentuk rerata serta dibandingkan dengan AKG.

Diabetes melitus adalah penyakit menahun yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah melebihi normal yaitu kadar glukosa darah sewaktu ≥ 200 mg/dL dan kadar glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dL.

IMT adalah perbandingan berat badan terhadap tinggi badan seseorang dan dinyatakan dalam kg/m^2 .

Kadar malondialdehida (MDA) adalah kadar malondialdehida total yang dianalisis menggunakan sampel darah menggunakan metode ELISA dan dinyatakan dalam nmol mL^{-1} .

Puding dengan okra ungu adalah puding yang dibuat dari okra ungu hasil biofortifikasi sebagai bahan utamanya dengan tambahan bahan lainnya.

Stres oksidatif adalah keadaan yang ditandai oleh ketidakseimbangan antara oksidan dan antioksidan dalam tubuh.

@Hak Cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengembangan Formula Puding dengan Okra Ungu

Pengembangan formula puding dengan okra ungu dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian Jannah (2024), yang dilakukan dengan meningkatkan komposisi bahan utama berupa okra halus dan *mucilage* (gel okra), dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif, seperti fenolik dan flavonoid. Modifikasi formula ini terbukti mampu meningkatkan aktivitas antioksidan produk, yang sejalan dengan penelitian Anjani *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi okra berkorelasi positif dengan peningkatan total fenolik dan aktivitas antioksidan. Senyawa fenolik dan flavonoid berperan sebagai antioksidan melalui mekanisme donor elektron untuk menetralkan radikal bebas sehingga dapat menurunkan stres oksidatif.

Peran *mucilage* okra sebagai *gelling agent* alami semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah yang ditambahkan, sehingga dapat memperbaiki tekstur dan viskositas puding. Hal ini didukung oleh penelitian Dantas *et al.* (2021), yang menyatakan bahwa *mucilage* okra memiliki sifat hidrokoloid yang mampu meningkatkan viskositas dan memberikan tekstur yang lebih baik pada produk pangan.

Dalam pengembangan formula, aspek keamanan dan stabilitas produk juga menjadi perhatian penting. Pertimbangan tersebut mendasari penggunaan kalium sorbat sebagai bahan pengawet dalam formulasi produk. Kalium sorbat merupakan pengawet yang banyak digunakan dalam produk pangan semi basah karena efektif menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur, ragi, dan beberapa jenis bakteri yang bisa berkembang selama penyimpanan, sehingga produk tetap aman dikonsumsi lebih lama. Kalium sorbat juga mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang umum menyebabkan kerusakan pangan, seperti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada produk minuman berbasis susu dan efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur seperti *Candida albicans* dan *Aspergillus*, sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk pangan. Mekanisme kerjanya adalah dengan mengganggu permeabilitas membran sel mikroorganisme serta menghambat sistem enzim metabolik, sehingga proses pertumbuhan dan reproduksi mikroba dapat terhambat (Zhang *et al.* 2024; Anwar *et al.* 2025).

Penggunaan kalium sorbat dalam puding dengan okra ungu sesuai dengan SNI 01-6993-2004 tentang bahan tambahan pangan pengawet buatan, yaitu maksimum penggunaan 0,1% sesuai dengan Peraturan BPOM No. 11 Tahun 2019. Penggunaan kalium sorbat dalam penelitian ini masih memenuhi persyaratan keamanan pangan. Penggunaan bahan pengawet tersebut tetap perlu dikontrol agar tidak melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan (BPOM 2019). Pengembangan formula puding dengan okra ungu berhasil meningkatkan kandungan senyawa bioaktif serta memperbaiki karakteristik tekstur dan stabilitas produk melalui penambahan *mucilage*. Peran kalium sorbat dalam menjaga keamanan dan memperpanjang umur simpan produk tanpa menurunkan kualitas sensori turut mendukung pengembangan puding dengan okra ungu sebagai pangan fungsional yang aman dan stabil.

5.2 Karakteristik Fisik Puding dengan Okra Ungu

Okra ungu yang digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan puding adalah okra ungu varietas Zahira, yang ditanam di Kebun Percobaan Leuwikopo, IPB University. Tanaman dipindahkan ke lahan pada umur 2-3 minggu setelah semai dan dipanen pada umur sekitar tiga bulan setelah tanam atau tujuh hari setelah bunga mekar, dengan panjang buah berkisar antara 7-12 cm. Pemanenan dilakukan setiap dua hari sekali pada pagi atau sore hari. Sebanyak 600 tanaman okra ungu ditanam pada 30 bedeng, masing-masing berisi 20 pohon, dengan total berat okra ungu hasil panen mencapai 363,4 kg.



Gambar 9 (a) Pohon okra ungu (b) Buah okra ungu (c) Puding okra ungu

Produk puding adalah jenis pangan yang dapat dinikmati dalam kondisi dingin dan berpotensi sebagai pangan fungsional yang dapat dikonsumsi sehari-hari. Menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 70 Tahun 2025, puding berbentuk padat lunak yang terbuat dari produk susu atau campurannya yang ditambah dengan pati atau bahan pembentuk gel dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan puding biasa dikonsumsi sebagai makanan penutup.

Analisis Karakteristik fisik puding dengan okra ungu yang diteliti pada penelitian ini berupa tekstur, derajat keasaman, dan warna. Hasil analisis karakteristik fisik produk puding dengan okra ungu disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Karakteristik fisik puding dengan okra ungu

Parameter	Sampel puding	
	F0 (Tanpa okra ungu)	F1 (Dengan okra ungu)
Tekstur (kekerasan)	221,89±1,01 ^a	218,21±0,53 ^b
Nilai pH	4,1±0,12 ^a	4,2±0,04 ^a
Warna		
L	52,17±0,17 ^a	46,14±0,33 ^a
a	31,46±0,11 ^a	28,44±0,47 ^b
b	-8,39±0,42 ^a	-6,56±0,16 ^b
Intensitas warna (CIE)		

Keterangan: Nilai dengan huruf yang berbeda pada satu baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan *Independent T-Test*. L: kecerahan, a: kemerahan, b: kebiruan.

5.2.1 Tekstur

Tekstur merupakan karakter produk yang berkaitan dengan tingkat kekerasan dan bentuk dari produk berbentuk puding. Analisis tekstur puding dilakukan menggunakan alat *Texture Analyzer* IMADA. Berdasarkan uji tekstur, tekstur produk puding menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa penambahan gel atau *mucilage* berkontribusi terhadap penurunan kekerasan tekstur puding. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Giyatmi *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pada produk puding okra hijau dengan penambahan *mucilage* maka nilai tekstur pada puding akan menurun sehingga puding dengan kandungan *mucilage* yang lebih banyak akan berpengaruh terhadap tekstur puding yang menjadi lembut. Hal tersebut menunjukkan bahwa puding dengan okra ungu dengan adanya penambahan *mucilage* memiliki tekstur yang lebih lembut dan berserat.

5.2.2 Nilai pH

Nilai pH adalah salah satu parameter fisik yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik produk puding. Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu produk. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan terhadap nilai pH puding. Nilai pH puding berada pada rentang 4,1 hingga 4,2. Nilai ini menunjukkan produk puding memiliki pH yang asam, yang dapat disebabkan oleh adanya penambahan asam sitrat dalam formulasi yang bertujuan untuk menetralkan rasa dari okra. Tidak adanya perbedaan yang nyata pada nilai pH pada produk puding dengan okra ungu dapat disebabkan oleh penambahan asam sitrat yang sama pada setiap formulanya.

5.2.3 Warna

Warna menjadi salah satu parameter penting yang mempengaruhi pemilihan makanan oleh panelis. Analisis warna yang dilakukan pada produk puding okra ungu terdiri atas L adalah parameter yang digunakan untuk melihat tingkat kecerahan, a untuk melihat warna merah (+) atau hijau (-), dan b untuk melihat warna kuning (+) atau biru (-). Hasil analisis warna menggunakan *colorimeter* menunjukkan bahwa parameter L (kecerahan) produk ini tidak begitu tinggi dengan nilai 46,14 hingga 52,17. Data juga menunjukkan bahwa nilai a pada puding sebesar 28,44 sampai 31,46 yang artinya warna dari puding okra ungu lebih kearah merah, dan nilai b yang negatif berada pada rentang -6,56 sampai -8,39 yang artinya produk juga mempunyai warna kebiruan. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa produk berwarna ungu dengan tingkat kecerahan yang medium dan terdapat perbedaan yang nyata atau signifikan terhadap nilai a: kemerahan dan b: kebiruan yang ditinjau dari warna setiap formula.

5.3 Komponen Bioaktif dan Kapasitas Antioksidan pada Puding dengan Okra Ungu

Komponen bioaktif yang dianalisis pada penelitian puding dengan okra ungu berupa analisis fenolik total dan flavonoid total. Aktivitas dan kapasitas antioksidan

berupa analisis %inhibisi, AEAC, dan IC₅₀. Komponen bioaktif dan kapasitas antioksidan puding dengan okra ungu tersebut disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

5.3.1 Fenolik total

Fenolik adalah senyawa yang dapat bertindak sebagai antioksidan dan termasuk senyawa metabolit sekunder pada tanaman, dimana berbagai perlakuan terhadap produk yang berasal dari tumbuhan dapat menyebabkan perubahan yang kompleks pada komposisi senyawa fenolik. Perubahan ini dipengaruhi oleh struktur senyawa fenolik, jenis makanan yang dianalisis, serta secara umum dipengaruhi oleh metode pemasakan yang digunakan dalam pengolahan makanan (Minatel *et al.* 2017). Analisis kadar fenolik total pada puding dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan standar berupa asam galat, kurva dibuat dengan konsentrasi 12,5; 25; 50; 100; dan 200 ppm. Analisis kadar fenolik total sampel dilakukan pada konsentrasi 1000 ppm dan dinyatakan dalam bentuk mg GAE/g,

Hasil analisis pada Tabel 7 menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) kadar flavonoid total pada puding F0 (tanpa penambahan okra ungu) yang lebih rendah sebesar 9,21 mg GAE/g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 27,63 mg GAE/100 g⁻¹ puding dibandingkan dengan puding F1 (Penambahan okra ungu) sebesar 14,63 mg GAE/g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 43,88 mg GAE/100 g⁻¹ puding. Hasil kadar fenolik total pada puding dengan okra ungu ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu 28,35 mg GAE/100 g⁻¹ (Jannah *et al.* 2025). Hasil penelitian ini juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan puding dengan okra ungu yang digunakan dalam intervensi perbaikan status antioksidan yang memiliki kandungan fenolik total sebesar 12,42 mg GAE/100g⁻¹ puding (Damayanthi *et al.* 2024). Hal ini dapat disebabkan karena puding dengan okra ungu yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki kandungan *mucilage* yang lebih banyak. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gemede *et al.* (2018) pada beberapa jenis okra, menunjukkan bahwa *mucilage* memiliki kandungan flavonoid dan fenolik total dengan nilai rata-rata sebesar 13,67 mg CE g⁻¹ dan 37,42 mg GAE g⁻¹ (Gemede *et al.* 2018).

Mekanisme antioksidan yang terdapat pada tumbuhan okra ungu berperan penting dalam mengurangi oksidasi lipid pada jaringan dan menurunkan risiko terkena penyakit degeneratif. Kandungan senyawa fenolik dalam okra ungu dilaporkan memiliki korelasi yang signifikan dengan efek penghambatan terhadap enzim pencernaan, seperti α -glukosidase, α -amilase, dan lipase pankreas (Shen *et al.* 2019). Aktivitas antioksidan senyawa fenolik berkaitan dengan kemampuannya dalam menangkap radikal bebas, mendonorkan atom hidrogen atau elektron, serta mengkelat kation logam. Tingginya aktivitas antioksidan pada senyawa fenolik dipengaruhi oleh keberadaan atom hidrogen pada gugus hidroksil yang berdekatan yang terletak di berbagai posisi cincin, ikatan rangkap pada cincin benzena, dan ikatan rangkap pada gugus fungsi okso ($-C=O$) (Minatel *et al.* 2017).

5.3.2 Flavonoid total

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang paling banyak terdapat pada okra (Yang *et al.* 2022). Pengujian kadar flavonoid total pada puding dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan standar berupa quercetin, kurva dibuat dengan konsentrasi 12,5; 25; 50; 100; dan 200 ppm. Hasil kadar flavonoid total sampel dilakukan pada konsentrasi 1000 ppm dan dinyatakan dalam bentuk mg QE/g.

Hasil analisis pada Tabel 7 menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) kadar flavonoid total pada puding F0 (tanpa penambahan okra ungu) yang lebih rendah sebesar 15,52 mg QE ekstrak atau setara dengan 46,56 mg QE/100 g⁻¹ puding dibandingkan dengan puding F1 (Penambahan okra ungu) sebesar 29,69 mg QE/g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 89,69 mg QE/100 g⁻¹ puding. Peningkatan kadar flavonoid pada F1 menunjukkan bahwa penambahan okra ungu pada puding dapat meningkatkan kadar flavonoid total pada puding. Hasil kadar flavonoid total pada puding dengan okra ungu ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 63,32 mg QE/100 g⁻¹ (Fadilah *et al.*, 2024) dan 79,20 mg QE/100 g⁻¹ (Jannah *et al.* 2025). Terdapat perbedaan metode pengolahan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya.

Penelitian sebelumnya menggunakan suhu 97°C selama 30 detik, sementara penelitian ini menggunakan prinsip *high-temperature short-time* (HTST) dengan suhu 97°C dalam durasi yang lebih singkat yaitu selama 20 detik. Penggunaan metode HTST bertujuan untuk mengoptimalkan senyawa bioaktif, yang menunjukkan peningkatan aktivitas antioksidan dan total fenolik serta meminimalkan kehilangan kadar air (Windrayani *et al.* 2023). *Blanching* dapat meningkatkan kualitas zat gizi pada waktu tertentu, namun perlakuan yang terlalu lama dapat menurunkan kualitas zat gizi serta senyawa bioaktif. Penurunan tersebut disebabkan oleh paparan panas dan air selama proses *blanching* yang memicu oksidasi pada beberapa jenis sayuran, sehingga mengakibatkan penurunan atau bahkan kehilangan zat gizi (Adedeji *et al.* 2025).

Kemampuan flavonoid dalam mencegah kerusakan akibat radikal bebas didukung oleh berbagai mekanisme, salah satunya melalui aktivitas penangkapan radikal bebas secara langsung. Aktivitas antioksidan flavonoid juga ditunjukkan melalui kemampuannya menghambat oksidasi lipid dan menstabilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*). Proses tersebut terjadi ketika flavonoid mengalami oksidasi oleh radikal bebas sehingga membentuk radikal yang lebih stabil dan kurang reaktif, yang didukung oleh tingginya reaktivitas gugus hidroksil pada struktur flavonoid (Panche *et al.* 2016).

Tabel 7 Total fenolik dan flavonoid pada puding dengan okra ungu

Parameter	Unit	Sampel puding	
		F0 (Tanpa okra ungu)	F1 (Dengan okra ungu)
Total fenolik	mg GAE/g ⁻¹	9,21±0,72 ^a	14,63±1,25 ^b
Total flavonoid	mg QE/g ⁻¹	15,52±0,62 ^a	29,90±0,95 ^b

Keterangan: 1 g ekstrak ≈ 33,3 g puding dengan okra ungu

QE: *Quercetin Equivalent*; GAE: *Gallic Acid Equivalent*. Nilai dengan huruf yang berbeda pada satu baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan *Independent T-Test* nilai dinyatakan dalam rata-rata±SD (n=3).

5.3.3 Aktivitas dan kapasitas antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang berfungsi melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat paparan radikal bebas, yaitu molekul reaktif yang dapat merusak struktur dan fungsi sel. Zat ini, meskipun hadir dalam jumlah yang sangat kecil di dalam makanan atau tubuh manusia, memiliki kemampuan untuk memperlambat, mengendalikan, serta menghambat proses oksidatif yang berpotensi mengganggu fungsi biologis sel (Gulcin 2025). Antioksidan juga berperan dalam melindungi sel dari efek merugikan radikal bebas yang berasal dari proses metabolisme tubuh maupun faktor lingkungan eksternal (Atta *et al.* 2017). Aktivitas dan kapasitas antioksidan merupakan dua parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu senyawa atau ekstrak dalam menangkal radikal bebas. Aktivitas antioksidan menunjukkan tingkat efektivitas suatu senyawa dalam menghambat reaksi oksidatif, sedangkan kapasitas antioksidan mencerminkan total jumlah radikal bebas yang dapat dinetralkan oleh senyawa tersebut (Flieger *et al.* 2021).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan adalah metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*), yang merupakan metode spektrofotometri yang paling sering digunakan. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain, prosedur yang relatif sederhana, sensitivitas tinggi, kecepatan analisis, serta menghasilkan data yang bersifat reproduktif. Aktivitas antioksidan ekstrak puding dengan okra ungu pada berbagai konsentrasi dianalisis menggunakan metode DPPH. Pengukuran dilakukan berdasarkan penurunan nilai absorbansi pada panjang gelombang 517 nm, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung persentase inhibisi dan nilai IC_{50} sebagai indikator potensi antioksidan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8 dan digunakan sebagai dasar dalam menilai efektivitas ekstrak dalam menangkal radikal bebas.

Tabel 8 Aktivitas dan kapasitas antioksidan pada puding dengan okra ungu

Parameter	Unit	Sampel puding	
		F0 (Tanpa okra ungu)	F1 (Dengan okra ungu)
% Inhibisi	%	60,92	79,96
AEAC	mg Vit. C/g ⁻¹ ekstrak	41,98	46,69
IC_{50}	ppm	362,80	326,20

Keterangan: Keterangan: 1 g ekstrak $\approx$ 33,3 g puding okra ungu : AEAC: *Ascorbic acid Equivalent Antioxidant Capacity*.

Berdasarkan hasil analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa puding F0 dan F1 memiliki aktivitas antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas DPPH sebesar 60,92% dan 79,96% pada konsentrasi 1 mg mL⁻¹ ekstrak. Aktivitas antioksidan puding dengan okra ungu berdasarkan persen inhibisinya menunjukkan lebih rendah dibandingkan okra hijau dalam bentuk segarnya maupun okra ungu dalam bentuk ekstraknya. Hal ini dapat dipengaruhi karena adanya proses pemasakan yang dapat menurunkan aktivitas antioksidan produk serta kontribusi aktivitas antioksidan dari okra yang lebih sedikit dalam 100 g produk dibandingkan dengan bentuk segar atau ekstraknya dengan berat yang sama (Sadowska-Bartosz dan Bartosz 2022).

Aktivitas antioksidan yang menghasilkan % inhibisi digunakan untuk menentukan nilai IC_{50} , yakni konsentrasi yang dibutuhkan untuk menetralkan 50% radikal bebas DPPH. Berdasarkan hasil analisis, nilai IC_{50} aktivitas antioksidan pada puding F0 dan F1 adalah sebesar 362,80 ppm dan 326,20 ppm. Aktivitas antioksidan puding dengan okra ungu masih lebih rendah jika dibandingkan dengan ekstrak okra ungu ($IC_{50}=316,86$ ppm) yang dapat disebabkan oleh adanya proses pemasakan puding. Semakin rendah IC_{50} pada ekstrak okra ungu berarti aktivitas antioksidan ekstrak okra ungu lebih tinggi dibandingkan puding okra ungu (Anjani *et al.* 2018). Rendahnya aktivitas antioksidan pada penelitian ini, meskipun diperoleh kadar total senyawa flavonoid serta fenolik yang tinggi. Penurunan aktivitas antioksidan tersebut diduga terjadi akibat proses oksidasi atau degradasi senyawa antioksidan selama proses pengolahan puding. Proses tersebut dapat menyebabkan senyawa antioksidan mengalami kerusakan, terbuang atau mengalami perubahan struktur sehingga aktivitasnya menurun.

Kapasitas antioksidan juga dinyatakan dalam kesetaraannya dengan vitamin C (*ascorbic acid equivalent antioxidant capacity/AEAC*) untuk menangkap radikal bebas. Berdasarkan hasil analisis, kapasitas antioksidan puding F0 sebesar 41,98 mg vitamin C g^{-1} ekstrak atau setara dengan 125,93 mg vitamin C per 100 g puding, sedangkan puding F1 memiliki kapasitas antioksidan sebesar 46,69 mg vitamin C g^{-1} ekstrak atau setara dengan 140,07 mg vitamin C per 100 g puding. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa puding F1 memiliki kemampuan menangkalkan radikal bebas yang lebih tinggi dibandingkan puding F0.

5.4 Uji Sensori Deskriptif Metode Konsensus Puding dengan Okra Ungu

Uji organoleptik pada penelitian ini menggunakan uji sensori deskriptif metode konsensus. Data uji deskriptif penelitian didasarkan pada hasil yang diperoleh dari 12 panelis terlatih dengan karakteristik berbeda (Tabel 9) melalui tahap seleksi panelis berupa uji aroma dasar, rasa dasar dan tes buta warna. Uji sensori deskriptif metode konsensus pada penelitian ini dilakukan pada atribut aroma dan rasa. Berdasarkan uji sensori konsensus diperoleh atribut sensori aroma (vanila, *creamy*, khas okra, buah strawberry, dan buah naga) dan rasa (asam, manis, *creamy*, buah strawberry, buah naga, dan khas okra). Deskriptor aroma dan rasa yang diidentifikasi oleh panelis pada puding disajikan pada Gambar 10.

Tabel 9 Karakteristik panelis terlatih pada uji konsensus puding dengan okra ungu

Panelis	Usia (tahun)	Jenis Kelamin	Asal Daerah
1	23	Perempuan	Sulawesi Tengah
2	23	Perempuan	Sulawesi Tengah
3	23	Perempuan	Sulawesi Tengah
4	24	Laki-laki	Sulawesi Tenggara
5	39	Laki-laki	Nusa Tenggara Barat
6	40	Perempuan	Sulawesi Selatan
7	23	Perempuan	Sulawesi Selatan
8	27	Perempuan	Jawa Tengah
9	24	Perempuan	Sulawesi Tengah

Tabel 9 Karakteristik panelis terlatih pada uji konsensus puding dengan okra ungu (lanjutan)

Panelis	Usia (tahun)	Jenis Kelamin	Asal Daerah
10	24	Perempuan	Riau
11	25	Perempuan	Sumatra Utara
12	23	Laki-laki	Sulawesi Tengah

5.4.1 Aroma

Aroma merupakan komponen sensori yang terdeteksi melalui indra penciuman dan memiliki peran penting dalam menilai kualitas produk pangan yang dapat meningkatkan daya tarik serta tingkat kesukaan konsumen. Pengujian aroma oleh konsumen menjadi penting karena mampu memberikan penilaian produk secara tepat dan langsung (Lesmayati & Rohaeni, 2014).

Deskriptor aroma yang diidentifikasi oleh panelis diantaranya aroma yaitu vanila, *creamy*, khas okra, buah strawberry, dan buah naga. Panelis mengidentifikasi bahwa aroma dominan yang terdapat pada puding okra ungu maupun tanpa okra ungu adalah aroma vanilla dan okra ungu, sedangkan aroma yang rendah tercium adalah aroma buah strawberry dan buah naga. Berdasarkan hasil analisis secara statistik pada intensitas pengujian atribut aroma metode konsensus puding menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan pada aroma buah naga dan atribut aroma lain nya seperti *creamy*, khas okra, dan buah strawberry. Serta aroma vanilla pada puding tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan tetapi semua atribut aroma pada puding dapat diterima oleh panelis.

Aroma vanilla pada produk puding dapat memberikan karakter manis aromatik yang lembut dan mampu meningkatkan persepsi rasa manis secara keseluruhan. Produk puding juga menunjukkan kombinasi aroma *fruity* yang berasal dari strawberry dan buah naga, yang memberikan kesan segar dan manis. Aroma *creamy* dari bahan susu berkontribusi dalam menciptakan kesan lembut. Sementara itu, aroma khas okra menjadi aroma yang dominan pada produk puding sehingga bisa mempengaruhi aroma pada puding dan daya terima terhadap produk. Peningkatan konsentrasi okra pada puding meningkatkan intensitas aroma alami, namun dapat menurunkan tingkat kesukaan jika konsentrasinya terlalu tinggi karena munculnya aroma langu yang kuat (Chaerunnisa *et al.* 2024a).

5.4.2 Rasa

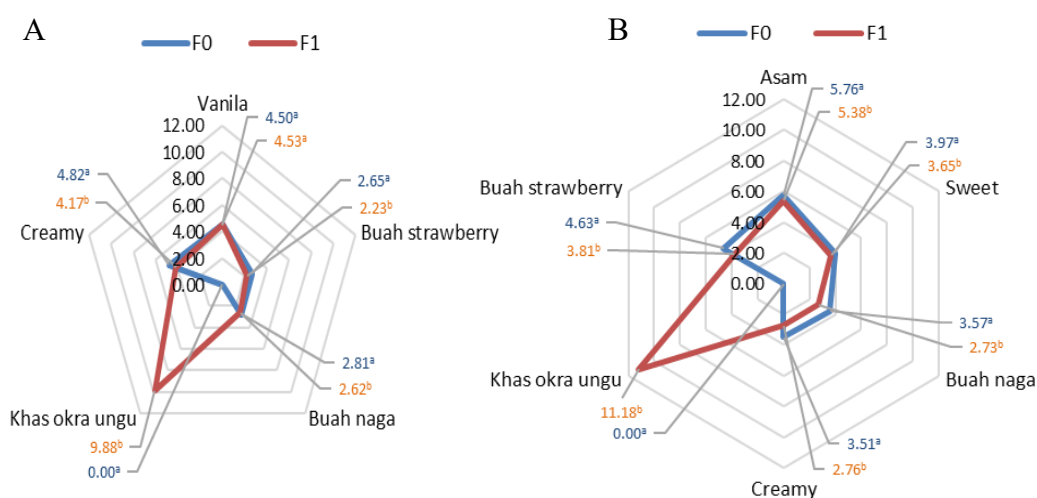
Rasa merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi tingkat kesukaan panelis terhadap suatu produk pangan untuk menerima atau menolak suatu makanan atau minuman yang bergantung pada cita rasa yang dirasakan (Giyatmi *et al.* 2022).

Persepsi rasa dapat merangsang indra perasa panelis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti senyawa kimia, suhu, konsentrasi dengan komponen rasa lain nya. Indra perasa manusia terdiri dari empat rasa utama yaitu manis, pahit, asam, dan asin, serta kombinasi respon ketika dimodifikasi. Deskriptor rasa yang diidentifikasi oleh panelis yaitu rasa asam, manis, *creamy*, buah strawberry, buah naga, pahit, dan khas okra. Panelis mengidentifikasi bahwa rasa dominan yang

terdapat pada puding okra ungu maupun tanpa okra ungu adalah rasa asam dan okra ungu, sedangkan deskriptor rasa yang sedikit terasa adalah rasa *creamy* dan buah naga. Berdasarkan hasil analisis secara statistik pada intensitas pengujian atribut rasa metode konsensus puding menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan pada rasa buah naga dan atribut rasa lain nya seperti asam, *creamy*, buah strawberry, *sweet* dan khas okra, serta semua atribut rasa pada puding dapat diterima oleh panelis.

Atribut rasa manis pada puding menjadi salah satu pertimbangan penerimaan panelis terhadap produk puding. Pada produk puding terdapat rasa asam pada puding yang berasal dari penambahan asam sitrat berperan sebagai penyeimbang rasa manis serta meningkatkan kesegaran produk. Sementara itu, atribut *creamy* memberikan sensasi lembut yang dapat mempengaruhi peningkatan kesukaan panelis. Penambahan buah naga menghasilkan rasa manis ringan dengan karakter *fruity* yang lembut, sedangkan strawberry memberikan kombinasi rasa manis dan asam pada produk puding.

Deskriptor rasa yang diidentifikasi oleh panelis yang paling dominan yaitu rasa khas okra. Menurut hasil penelitian Giyatmi *et al.* (2022), menunjukkan bahwa okra memiliki rasa yang kuat sehingga bisa mempengaruhi rasa pada puding dan daya terima terhadap produk. Semakin tinggi konsentrasi okra, semakin rendah persepsi manis produk akhir. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi optimal perlu mempertimbangkan keseimbangan antara intensitas rasa manis dan karakter khas okra agar produk dapat diterima oleh panelis.

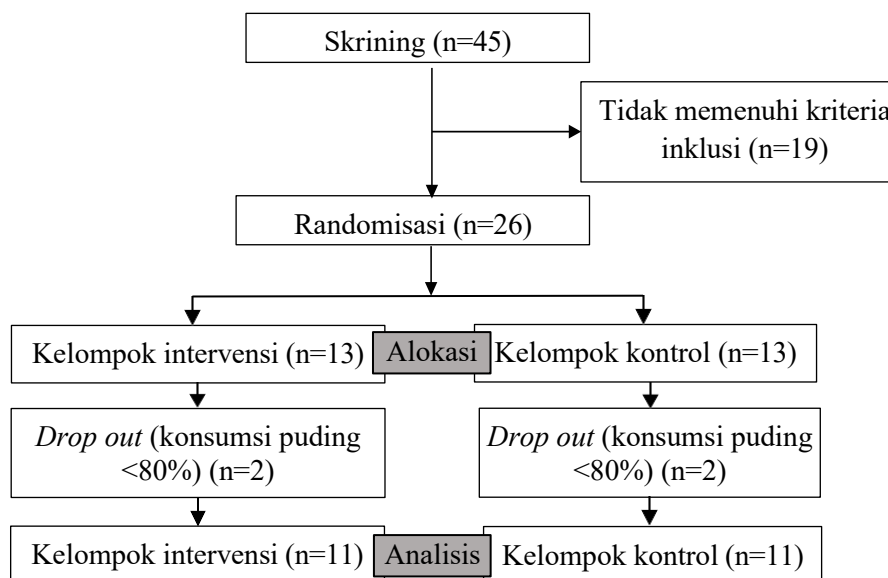


Gambar 10 Deskripsi sensori deskriptif atribut aroma (A) dan rasa (B) puding dengan okra ungu

Keterangan: F0: Puding tanpa okra ungu, F1: Puding dengan okra ungu; 0 = atribut tidak terdeteksi, 1-5 = dianggap rendah, 6-7 = sedang, 8-12 = tinggi. Nilai dengan huruf yang berbeda pada satu baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan *Independent T-Test*, nilai dinyatakan dalam rata-rata $\pm$ SD.

5.5 Karakteristik Subjek

Skrining dilakukan pada 45 orang calon subjek, dengan 26 orang memenuhi kriteria inklusi. Sebanyak 22 subjek menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian, sedangkan empat subjek lainnya dikeluarkan dari analisis karena tingkat kepatuhan konsumsi puding kurang dari 80% dari intervensi yang diberikan.



Gambar 11 Consort diagram

Kedua kelompok antara kelompok kontrol maupun kelompok intervensi memiliki karakteristik yang relatif homogen. Kondisi homogen pada subjek menjadi salah satu faktor dalam menentukan penarikan kesimpulan terhadap hasil intervensi. Data karakteristik meliputi usia, pendidikan, status gizi, persen lemak tubuh, kadar gula darah puasa (GDP), dan durasi diabetes yang disajikan pada Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat tentang karakteristik subjek kelompok kontrol dan kelompok intervensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa subjek pada kedua kelompok baik pada kelompok kontrol maupun intervensi berada pada kelompok usia dengan risiko diabetes melitus yang tinggi (>40 tahun) dengan rata-rata usia pada kelompok kontrol yaitu $60,18 \pm 12,25$ tahun dan pada kelompok intervensi yaitu $60,27 \pm 6,38$ tahun. Usia memiliki hubungan dengan kejadian diabetes. Semakin bertambah usia maka semakin besar risiko terjadinya diabetes (Sirait *et al.* 2015). Faktor usia juga dapat mempengaruhi penurunan pada semua sistem tubuh salah satunya memicu terjadinya resistensi insulin. Semakin meningkatnya usia seseorang maka risiko terkena diabetes melitus tipe 2 akan semakin meningkat (Isnaini dan Ratnasari 2018). Serta peningkatan usia dari dewasa tengah menuju dewasa akhir dan lansia menunjukkan bahwa peningkatan yang signifikan pada kadar malondialdehida (MDA) (Khafar dan Kakey 2020). Kondisi ini mencerminkan percepatan proses oksidasi selama penuaan, yang juga dipengaruhi oleh menurunnya kadar antioksidan dalam tubuh (Akter *et al.* 2022).

Status gizi subjek pada kelompok kontrol memiliki rata-rata status gizi sebesar $25,32 \pm 5,02 \text{ kg m}^{-2}$ dan pada kelompok intervensi sebesar $26,38 \pm 3,27 \text{ kg m}^{-2}$ yang berada pada kategori obesitas. Seseorang dengan kelebihan berat badan

memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami berbagai jenis penyakit, seperti diabetes, penyakit jantung, stroke, hipertensi, dan osteoarthritis (Septyaningrum dan Martini 2014). Kondisi status gizi lebih juga dapat meningkatkan produksi ROS (*Reactive Oxygen Species*) melalui mekanisme rantai transpor elektron dan aktivitas enzim NADPH oksidase (Sachdeva *et al.* 2014). Rata-rata total lemak tubuh pada kelompok kontrol dan kelompok intervensi sebesar $32,70 \pm 7,71$ % dan $35,74 \pm 7,32$ %. Karakteristik total lemak tubuh subjek pada kedua kelompok tergolong dalam kategori tinggi, yaitu $>28\%$ bagi perempuan dan $>20\%$ bagi laki-laki. Tingginya persentase lemak tubuh dapat menggambarkan adanya kondisi stres oksidatif, yang ditunjukkan dengan meningkatnya kadar MDA (Burgos-Morón *et al.* 2019). Penanda stres oksidatif ini berhubungan langsung dengan tingginya persentase lemak tubuh, seiring dengan menurunnya mekanisme sistem pertahanan antioksidan pada individu dengan persentase lemak tubuh yang berlebih (Adenan *et al.* 2020).

Tabel 10 Karakteristik subjek

Karakteristik	Kontrol (n=11)		Intervensi (n=11)		p
	n	%	n	%	
Usia (tahun)	(60,18 $\pm$ 12,25)		(60,27 $\pm$ 6,38)		0,983
≤ 40	2	18,2	0	0,0	
> 40	9	81,8	11	100	
Status gizi (Kg m ⁻²)	(25,32 $\pm$ 5,02)		(26,38 $\pm$ 3,27)		0,567
Underweight	0	0,0	0	0,0	
Normal	4	36,4	1	9,1	
Overweight	1	9,1	3	27,3	
Obesitas I	4	36,4	6	54,5	
Obesitas II	2	18,2	1	9,1	
Total Lemak tubuh (%)	(32,70 $\pm$ 7,71)		(35,74 $\pm$ 7,32)		0,354
Normal ($<28\%$)	3	27,3	1	9,1	
Lebih ($>28\%$)	8	72,7	10	90,9	
Durasi diabetes (tahun)	(5,63 $\pm$ 3,70)		(5,20 $\pm$ 2,60)		0,754
≤ 5	5	45,5	6	54,5	
> 5	6	54,5	5	45,5	
Kadar GDP (mg dL ⁻¹)	157,40 $\pm$ 35,27		157,68 $\pm$ 70,36		0,991

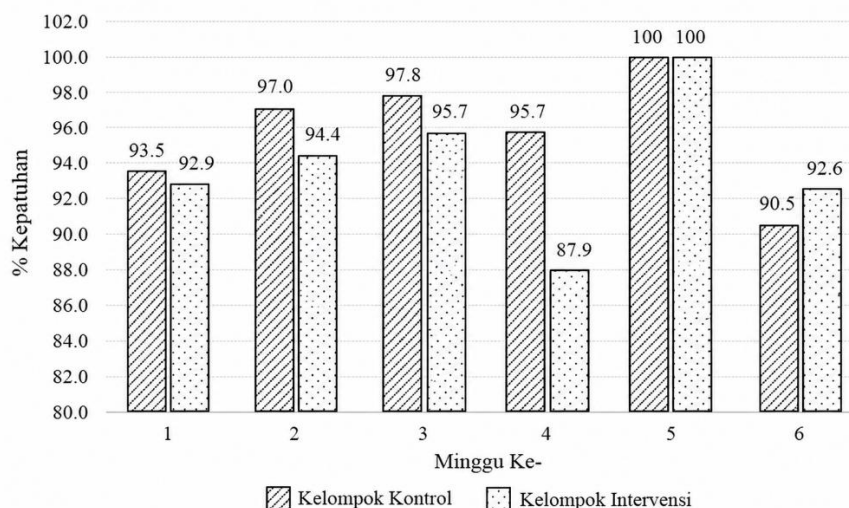
Keterangan: SD= standar deviasi; nilai *p-value* berdasarkan uji *Independent T-Test*, perbedaan antara kelompok kontrol dan intervensi, nilai dinyatakan dalam rata-rata $\pm$ SD

Durasi diabetes menggambarkan lamanya subjek didiagnosis menderita diabetes melitus. Pada penelitian ini, sebagian besar subjek memiliki durasi diabetes sekitar 5,6 tahun. Berdasarkan penelitian Yao *et al.* (2023), durasi diabetes merupakan faktor independen yang signifikan terhadap peningkatan risiko berbagai penyakit kardiovaskular. Subjek dengan durasi diabetes ≥ 15 tahun memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami penyakit jantung koroner (PJK), gagal jantung, dan kejadian PJK gabungan dibandingkan subjek dengan durasi lebih pendek. Pemantauan dan pengendalian faktor risiko kardiovaskular perlu diprioritaskan pada pasien dengan diabetes jangka panjang untuk menjaga kesehatan serta mencegah terjadinya komplikasi kardiovaskular. Subjek pada kelompok kontrol memiliki rata-rata kadar GDP sebesar $157,40 \pm 35,27$ mg dL⁻¹ dan pada kelompok intervensi sebesar $157,68 \pm 70,36$ mg dL⁻¹ yang berada pada kategori diabetes yaitu ≥ 126 mg/dL (7,0 mmol/L). Tingginya kadar gula darah diketahui sebagai salah satu faktor risiko yang

memicu aktivitas lipoperoksida, sehingga memiliki hubungan yang signifikan dengan peningkatan kadar MDA dalam tubuh (Moreto *et al.* 2014).

5.6 Kepatuhan dan Efek Samping Intervensi pada Subjek

Kepatuhan subjek selama intervensi dipantau secara teratur setiap minggunya. Hasil kepatuhan subjek selama intervensi disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12 Kepatuhan subjek selama intervensi

Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan bahwa kepatuhan subjek selama intervensi tergolong patuh karena masih mengonsumsi produk intervensi >80%. Minggu ke-1 intervensi menunjukkan bahwa kelompok kontrol dan intervensi tidak mencapai kepatuhan 100%. Hal ini disebabkan karena subjek salah memahami penjelasan mengenai jadwal konsumsi puding yang seharusnya sehari 3 *cup* terbagi menjadi 2 kali waktu yaitu pagi dan malam, namun subjek hanya mengonsumsi 2 *cup* puding sehari. Kepatuhan subjek mengalami peningkatan pada minggu kedua meskipun belum mencapai 100%. Berdasarkan wawancara, alasan ketidakpatuhan pada minggu ke-2 intervensi yaitu terdapat beberapa subjek merasa mual dalam mengonsumsi puding. Kepatuhan kelompok intervensi mengalami penurunan sedangkan kelompok kontrol meningkat di minggu ke-3. Alasan terjadinya penurunan pada tingkat kepatuhan pada kelompok intervensi yaitu karena terdapat beberapa subjek yang ketiduran dan merasa mual, sehingga tidak mengonsumsi puding dengan jumlah yang sudah dianjurkan.

Kepatuhan subjek mengalami penurunan pada minggu ke-4. Beberapa alasan yang mempengaruhi ketidakpatuhan pada minggu ke-4 yaitu terdapat beberapa subjek yang menyatakan lupa untuk mengonsumsi puding dan ada subjek yang sedang sakit sehingga tidak mengonsumsi puding selama 3 hari. Penurunan tingkat kepatuhan rata-rata pada minggu ke-4 intervensi diduga berkaitan dengan kondisi beberapa subjek yang sedang menjalankan puasa dan mengalami mual. Peneliti bersama tim enumerator terus memberikan motivasi kepada subjek agar mengonsumsi puding sesuai anjuran yang diberikan, menyampaikan informasi mengenai manfaat okra, serta melibatkan keluarga subjek dalam memantau konsumsi subjek. Upaya ini berakibat pada peningkatan kepatuhan subjek di minggu ke-5. Kepatuhan subjek kembali menurun pada minggu-6 intervensi.

Beberapa alasan yang mempengaruhi penurunan tersebut yaitu ketiduran, sakit, puasa dan merasa mual sehingga tidak mengonsumsi puding dengan jumlah yang sudah dianjurkan. Secara keseluruhan, tingkat kepatuhan rata-rata subjek pada kelompok kontrol maupun kelompok intervensi mencapai lebih dari 80% sesuai dengan target yang telah ditetapkan oleh peneliti.

Penilaian terhadap respons subjek selama periode intervensi dilakukan sebagai bagian dari evaluasi pelaksanaan penelitian. Informasi tersebut diperoleh melalui wawancara langsung pada setiap distribusi produk dan didasarkan pada kondisi yang dirasakan oleh subjek. Beberapa subjek melaporkan keluhan berupa lemas dan mual. Di sisi lain, sejumlah subjek merasakan manfaat berupa tidur yang lebih nyenyak, peningkatan nafsu makan, serta buang air besar (BAB) lancar dan teratur.

5.7 Asupan dan Tingkat Kecukupan Zat Gizi Subjek

Asupan energi dan zat gizi subjek selama intervensi diperoleh melalui data asupan makan menggunakan *food recall* 2×24 jam. Data asupan dibandingkan dengan kebutuhan untuk energi dan zat gizi mikro serta dibandingkan dengan AKG untuk zat gizi mikro menghasilkan tingkat kecukupan energi dan zat gizi. Tingkat kebutuhan gizi setiap orang berbeda-beda dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya pola konsumsi dan usia (Khomsan 2004). Guna memenuhi kebutuhan tersebut, setiap individu harus mengonsumsi makanan untuk mencukupi kebutuhan gizi dalam tubuh. Evaluasi asupan energi dan zat gizi selama periode intervensi penting dilakukan untuk memastikan bahwa perbedaan hasil yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh variasi konsumsi pangan subjek, sehingga efek intervensi yang diberikan dapat dinilai secara lebih objektif. Tingkat kecukupan zat gizi dapat menggambarkan kemampuan subjek dalam memenuhi kebutuhan gizinya selama penelitian berlangsung. Rata-rata tingkat kecukupan zat gizi subjek selama intervensi disajikan dalam Tabel 11.

Berdasarkan uji beda pada rata-rata asupan energi, karbohidrat, protein, lemak, serat, kalsium, vitamin C, dan zat besi menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol selama ($p>0.05$). Hal ini terjadi karena kedua kelompok memiliki pola konsumsi yang relatif homogen dengan jenis menu makanan yang cenderung sama. Beberapa faktor yang mempengaruhi terhadap tidak signifikannya hasil penelitian antara lain kebiasaan makan yang terbentuk bertahun-tahun, keterbatasan fisik, serta penurunan nafsu makan, sehingga subjek tidak banyak mengubah jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi, meskipun sedang mengikuti intervensi (Wang *et al.* 2024). Kesamaan pola konsumsi tersebut dapat memengaruhi tingkat kecukupan energi dan zat gizi pada kedua kelompok, sehingga evaluasi tingkat kecukupan perlu dilakukan untuk menggambarkan pemenuhan kebutuhan gizi subjek selama penelitian.

Tingkat kebutuhan gizi setiap orang berbeda-beda dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia dan pola konsumsi. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan gizi, setiap individu harus mengonsumsi makanan untuk mencukupi gizi dalam tubuh. Tingkat kecukupan energi diperoleh dengan membandingkan antara asupan energi dengan kebutuhan energi yang diprediksi dari angka metabolisme basal yang dikalikan dengan aktivitas fisik. Tingkat kecukupan energi pada kelompok kontrol menunjukkan kategori defisit sedang (70-

79%), berdasarkan Depkes tahun 1996 (Nurhidayati *et al.* 2017). Kurangnya asupan energi subjek juga disebabkan pada saat *recall* konsumsi pangan rata-rata subjek makan hanya terdiri atas dua kali makan utama dengan jumlah kecil dan satu kali mengonsumsi makanan selingan sehingga sumber energi sangat rendah. Faktor lain yang dapat menyebabkan kurangnya asupan energi adalah adanya *flat slope syndrome* ketika melakukan *recall* konsumsi yang merupakan kecenderungan subjek dengan status gizi kurus melaporkan asupan lebih banyak dari biasanya dan subjek yang gemuk melaporkan asupan lebih sedikit dari biasanya (Ubro *et al.* 2014). Hal ini sejalan dengan penelitian Al-Fariqi dan Yunika (2021), menunjukkan bahwa sebagian besar subjek berada pada status gizi gemuk tingkat berat atau obesitas. Konsumsi makanan padat energi (tinggi lemak dan gula) dan rendah rendah serat berhubungan dengan kadar glukosa darah. Konsumsi makanan tinggi energi berhubungan dengan obesitas, resistensi insulin, dan memicu peningkatan kadar glukosa darah.

Tabel 11 Tingkat kecukupan zat gizi subjek sebelum dan setelah intervensi

Zat Gizi (Kelompok)	Pre-Test	Post-Test	Between-group (p)	
			Pre-Test	Post-Test
Energi (kkal)				
Kontrol	74,20±24,16 ^a	67,20±14,83 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	80,14±19,20 ^a	78,60±26,30 ^a		
Karbohidrat (g)				
Kontrol	58,10±13,14 ^a	47,20±10,51 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	65,62±19,80 ^a	72,60±56,24 ^a		
Protein (g)				
Kontrol	66,24±23,20 ^a	57,41±21,10 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	65±16,10 ^a	79,71±37,31 ^a		
Lemak (g)				
Kontrol	106,63±47,73 ^a	119,70±54,02 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	128,61±47,80 ^a	134,41±58,53 ^a		
Serat (g)				
Kontrol	32,0±15,74 ^a	22,70±18,54 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	21,43±10,64 ^a	19,11±4,80 ^a		
Kalsium (g)				
Kontrol	26,90±14,60 ^a	18,7±5,5 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	15,0±5,90 ^a	17,04±8,6 ^a		
Vitamin C (mg)				
Kontrol	45,40±66,10 ^a	42,70±27,0 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	64,40±54,0 ^a	81,4±138,83 ^a		
Zat Besi (mg)				
Kontrol	110,90±45,30 ^a	73,41±42,61 ^a	>0,05	>0,05
Intervensi	85,74±34,32 ^a	100,94±39,10 ^a		

Keterangan: *signifikan pada (<0,05), nilai dengan *superscript* yang sama pada satu baris menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan (*paired sample t-test*), nilai dinyatakan dalam rata-rata±SD

Tingkat kecukupan karbohidrat, protein, dan lemak diperoleh dengan membandingkan antara asupan dengan kebutuhan berdasarkan kontribusinya sebesar 60%, 15%, dan 25% terhadap kebutuhan energi total. Tingkat kecukupan karbohidrat pada kedua kelompok menunjukkan kategori defisit berat berdasarkan Depkes tahun 1996 (Nurhidayati *et al.* 2017). Hal ini disebabkan oleh pola makan

lansia yang lebih banyak menghindari makanan berkarbohidrat karena kekhawatiran terhadap hiperglikemia, padahal karbohidrat tetap dibutuhkan sebagai sumber energi utama, khususnya karbohidrat kompleks, untuk mempertahankan fungsi fisik dan kognitif. Pengurangan asupan karbohidrat tanpa penyesuaian terapi dan waktu yang tepat dapat menyebabkan defisit energi dan hipoglikemia pada lansia diabetik (Tamura *et al.* 2020).

Tingkat kecukupan protein pada kedua kelompok menunjukkan kategori defisit berat berdasarkan Depkes tahun 1996 (Nurhidayati *et al.* 2017). Hal tersebut terjadi karena konsumsi sumber protein subjek hanya telur ayam dan daging ayam dalam jumlah yang sedikit. Pemilihan sumber protein yang bermutu tinggi dan mudah dicerna sangat penting bagi lansia. Proses sintesis protein pada lansia tidak sebaik saat masa muda, maka jika kelebihan asupan protein akan memberatkan kerja ginjal dan hati. Asupan protein yang berlebihan berpotensi meningkatkan kadar gula darah karena protein dapat dikonversi menjadi glukosa melalui proses glukoneogenesis. Glukosa yang tidak dimanfaatkan sebagai sumber energi dapat meningkatkan risiko terjadinya hiperglikemia (Harna *et al.* 2022).

Tingkat kecukupan lemak pada kelompok kontrol menunjukkan kategori normal (90-119%) sedangkan pada kelompok perlakuan menunjukkan kategori lebih (>120%) berdasarkan Depkes tahun 1996 (Nurhidayati *et al.* 2017). Kelebihan konsumsi lemak ini disebabkan karena sebagian besar subjek menggunakan metode pemasakan dengan cara menggoreng seperti nasi goreng, ayam goreng, ubi goreng, tempe goreng, pisang goreng, dan gorengan lainnya. Asupan lemak yang tinggi dapat memicu terjadinya proses lipolisis, yaitu pemecahan lemak, yang pada akhirnya meningkatkan produksi radikal bebas (ROS) melalui jalur β -oksidasi di dalam mitokondria. Peningkatan ROS dapat mengakibatkan peroksidasi lipid (Kuchay *et al.* 2020). Penelitian menunjukkan bahwa asupan lemak tinggi juga dapat meningkatkan inisiasi radikal bebas yang menyerang komponen lipid menghasilkan pembentukan MDA. Tingkat kecukupan serat sebagian besar subjek selama intervensi tergolong kurang. Asupan serat yang cukup ternyata berpengaruh terhadap penanda stres oksidatif (Ayala *et al.* 2014).

Tingkat kecukupan zat gizi mikro diperoleh dengan membandingkan asupan dengan kecukupan berdasarkan AKG 2019 pada kelompok usia 35-72 tahun (Kemenkes 2019). Tingkat kecukupan kalsium dan vitamin C pada kedua kelompok menunjukkan kategori kurang sedangkan tingkat kecukupan zat besi pada kedua kelompok menunjukkan kategori cukup (Gibson 2005). Zat gizi mikro seperti kalsium, zat besi dan vitamin C berperan penting dalam menjaga fungsi metabolisme, sistem imun, kesehatan tulang serta regulasi kadar glukosa darah. Tingkat kecukupan asupan kalsium seluruh subjek tergolong kurang, baik sebelum dan sesudah intervensi. Kalsium merupakan mineral esensial yang berperan dalam pemeliharaan kesehatan tulang, transmisi impuls saraf, kontraksi otot, regulasi tekanan darah, dan metabolisme glukosa. Kekurangan kalsium pada lansia dengan diabetes dikaitkan dengan peningkatan risiko osteopenia, osteoporosis, dan fraktur tulang (Marventano *et al.* 2020; Barra *et al.* 2021).

Vitamin dan turunannya (seperti asam askorbat) serta mineral (seperti kalsium dan zat besi) berperan juga sebagai antioksidan eksogen yang bekerja dengan cara menangkap dan menetralkan radikal bebas, sehingga dapat mencegah terjadinya reaksi berantai yang merusak sel (Kurutas 2016). Antioksidan eksogen ini menjadi penting ketika tubuh tidak mampu memproduksi cukup antioksidan

endogen untuk melawan peningkatan jumlah radikal bebas (El-Masry dan Mahmoud 2021). Keduanya secara sinergis meningkatkan pertahanan terhadap stres oksidatif (Moussa *et al.* 2019).

5.8 Aktivitas Fisik Subjek

Aktivitas fisik pada subjek dihitung melalui hasil kuesioner *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ). Kuesioner ini menghitung aktivitas fisik yang dilakukan subjek selama 7 hari terakhir, kemudian setiap pertanyaan dalam panduan IPAQ akan diberi dengan satuan hasil *metabolic equivalents of task* (MET) yang dikategorikan menjadi ringan, sedang, dan berat. Hasil analisis data aktivitas fisik subjek disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Aktivitas fisik subjek

Aktivitas fisik (menit/minggu)	Kategori	Kontrol (n=11) Rata-rata±SD	Intervensi (n=11) Rata-rata±SD	p-value ¹
Pre-Test	Rendah (<600)	3589,27±1699,07	3243,40±2343,87	0,696
Post-Test	Sedang (600-2999)	3000,68±1334,90	2254,36±1121,73	0,171
Δ	Tinggi (≥3000)	-588,72±1946,22	-989,10±2591,55	0,686
p-value ²		0,339	0,234	

Keterangan: Δ = selisih nilai sebelum dan setelah intervensi; SD= standar deviasi; p-value¹= *independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok kontrol dan intervensi; p-value²= *paired t-test*, perbedaan sebelum dan setelah intervensi

Aktivitas fisik subjek pada kelompok kontrol menurun dari 3589,27±1699,07 menjadi 3000,68±1334,90 menit/minggu, sedangkan pada kelompok intervensi menurun dari 3243,40±2343,87 menjadi 2254,36±1121,73 menit/minggu. Berdasarkan analisis statistik pada aktivitas fisik subjek menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok intervensi ($p>0,05$). Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu faktor intrapersonal (seperti keterbatasan fisik lansia, motivasi rendah, dan kurangnya waktu luang), faktor interpersonal (seperti kurangnya dukungan sosial dan keluarga), serta faktor lingkungan (seperti kondisi cuaca yang kurang mendukung, keterbatasan akses dan tingginya biaya fasilitas aktivitas fisik) (Chen *et al.* 2025).

Berdasarkan hasil data aktivitas fisik menunjukkan bahwa kelompok kontrol dan kelompok intervensi tergolong dalam kategori sedang dan tinggi. Tujuan melakukan aktivitas fisik adalah untuk merangsang kembali sensitivitas sel terhadap insulin serta pengurangan lemak sentral dan memperbaiki struktur jaringan otot (Azitha *et al.* 2018). Meningkatnya sensitivitas insulin menyebabkan glukosa di dalam darah dapat dimetabolisme menjadi energi, sehingga kadar glukosa dalam darah dapat dikendalikan. Aktivitas fisik juga dapat mencegah obesitas, serta berperan dalam menurunkan risiko komplikasi diabetes, gangguan profil lipid dan peningkatan tekanan darah (Nurayati dan Adriani 2017). Berdasarkan penelitian Bird dan Hawley (2017) menunjukkan bahwa aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga tinggi dapat memberikan manfaat dalam menjaga keseimbangan metabolik dan meningkatkan sensitivitas insulin, serta menurunkan risiko terjadinya komplikasi diabetes, termasuk penyakit kardiovaskular pada lansia.

5.9 Perubahan Kadar Malondialdehida pada Subjek

Adanya radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS) di dalam tubuh dapat berasal dari dalam tubuh (endogen), dan dapat pula berasal dari luar tubuh (eksogen) seperti polutan udara, radiasi, faktor diet dan gaya hidup, serta makanan atau obat-obatan yang masuk ke tubuh (Manful *et al.* 2025). Pembentukan radikal bebas di dalam tubuh menyebabkan oksidasi ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh yang merupakan komponen penting membran sel. Proses ini memicu peroksidasi lipid yang menghasilkan lipid peroksida tidak stabil dan selanjutnya mengalami dekomposisi menjadi senyawa reaktif, salah satunya malondialdehida (MDA). Analisis MDA digunakan sebagai parameter untuk menilai tingkat stres oksidatif dan kerusakan sel akibat radikal bebas. Semakin tinggi stres oksidatif yang terjadi, semakin tinggi juga kadar MDA yang terbentuk. Kondisi ini dapat memperburuk resistensi insulin, merusak sel β pankreas, dan meningkatkan risiko komplikasi pada penderita DM tipe 2 (Garcia-Llorens *et al.* 2025).

Tabel 13 dapat dilihat perubahan kadar MDA sebelum dan setelah intervensi pada kelompok perlakuan dan kontrol dipengaruhi oleh pemberian puding okra ungu selama 42 hari (6 minggu) pada subjek dewasa dengan diabetes melitus tipe 2.

Tabel 13 Perubahan kadar MDA subjek

Kadar MDA	Kontrol (n=11)	Intervensi (n=11)	<i>p-value</i> ¹
	Rata-rata $\pm$ SD	Rata-rata $\pm$ SD	
<i>Pre-Test</i> (nmol mL ⁻¹)		17,70 $\pm$ 1,73	0,058
	13,40 $\pm$ 3,53		
<i>Post-Test</i> (nmol mL ⁻¹)	14,60 $\pm$ 2,23	11,60 $\pm$ 4,90	0,336
Δ (nmol mL ⁻¹)	1,20 $\pm$ 2,11	-6,10 $\pm$ 4,01	0,616
<i>p-value</i> ²	0,085	0,128	

Keterangan: Δ = selisih nilai sebelum dan setelah intervensi; SD= standar deviasi; *p-value*¹= *independent sample t-test*, perbedaan antara kelompok kontrol dan intervensi, *p-value*²= *paired t-test*, perbedaan sebelum dan setelah intervensi

Berdasarkan Tabel 13, hasil pengukuran kadar MDA subjek menunjukkan adanya perubahan setelah diberikan intervensi berupa puding okra ungu. Pada kelompok kontrol, rata-rata kadar MDA sebelum intervensi sebesar 13,40 $\pm$ 3,53 nmol mL⁻¹ dan setelah intervensi sebesar 14,60 $\pm$ 2,23 nmol mL⁻¹. Hasil uji *Paired Sample T-test* menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sebelum dan setelah intervensi pada kelompok kontrol ($p=0,085$). Sebaliknya, pada kelompok intervensi terjadi penurunan kadar MDA dari 17,70 $\pm$ 1,73 nmol mL⁻¹ menjadi 11,60 $\pm$ 4,90 nmol mL⁻¹ dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p=0,128$). Nilai perubahan (Δ), menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami peningkatan kecil sebesar 1,20 $\pm$ 2,11 nmol mL⁻¹, sedangkan kelompok intervensi mengalami penurunan sebesar -6,10 $\pm$ 4,01 nmol mL⁻¹. Meskipun penurunan kadar MDA pada kelompok intervensi puding dengan okra ungu tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, hasil tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan penurunan kadar MDA setelah pemberian puding dengan okra ungu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ghadimi *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa pemberian 180 mg *ellagic acid* per hari selama 8 minggu pada pasien diabetes melitus tipe 2 dapat menurunkan kadar MDA secara signifikan dibandingkan kelompok plasebo ($p<0,05$). Perbedaan signifikansi hasil kemungkinan dipengaruhi oleh durasi intervensi yang lebih panjang, sehingga efek

antioksidan terhadap penghambatan peroksidasi lipid menjadi lebih optimal. Penelitian Ghadimi *et al.* menggunakan *ellagic acid* dalam bentuk suplemen dengan dosis yang terstandarisasi, sedangkan penelitian ini menggunakan puding dengan okra ungu sebagai pangan fungsional. Perbedaan bentuk intervensi tersebut memungkinkan jumlah senyawa bioaktif yang tersedia dan diserap tubuh dipengaruhi oleh proses pengolahan, bioavailabilitas senyawa, serta variasi respon masing-masing subjek.

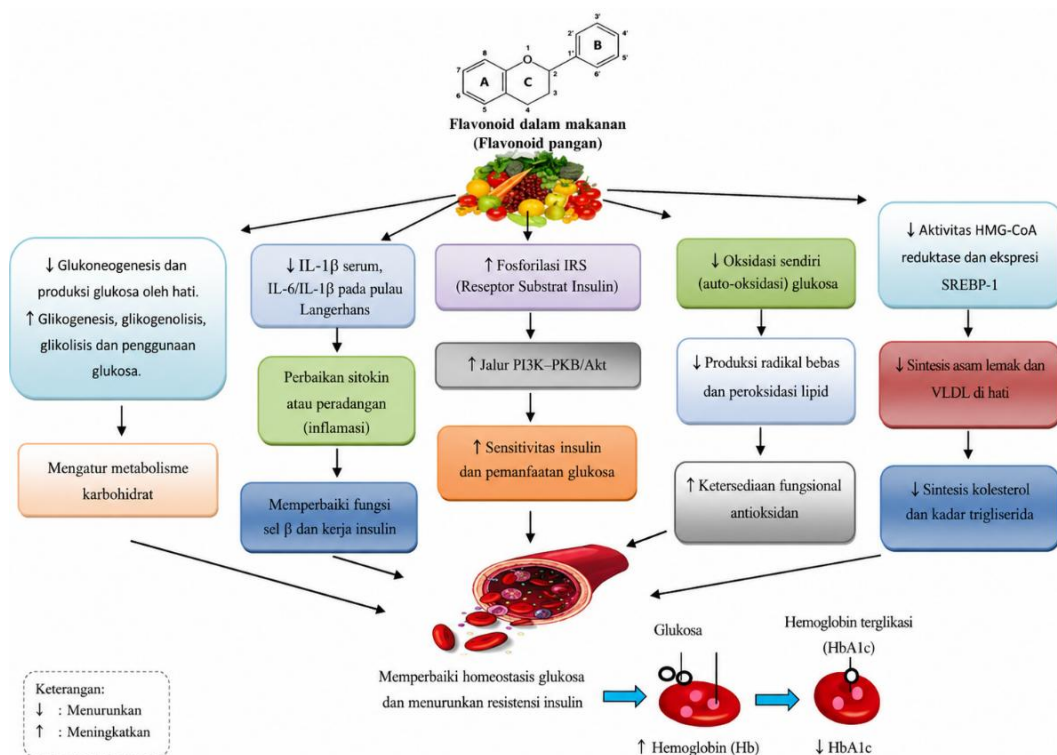
Penurunan kadar MDA yang lebih besar pada kelompok intervensi dibandingkan kelompok kontrol menunjukkan bahwa pemberian puding dengan okra ungu berpotensi mengurangi stres oksidatif melalui penghambatan proses peroksidasi lipid. Kadar MDA pada kedua kelompok setelah intervensi masih tergolong tinggi ($>5 \text{ nmol mL}^{-1}$), sehingga stres oksidatif pada subjek diabetes melitus tipe 2 masih berlangsung. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Sunita *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa penderita diabetes melitus memiliki kadar MDA lebih tinggi ($2,40 \text{ nmol mL}^{-1}$) dibandingkan individu sehat ($1,69 \text{ nmol mL}^{-1}$), yang menunjukkan bahwa hiperglikemia kronik berperan dalam meningkatkan pembentukan radikal bebas dan peroksidasi lipid.

Potensi penurunan kadar MDA pada penelitian ini diduga berkaitan dengan kandungan senyawa antioksidan dalam puding dengan okra ungu. Senyawa polifenol dan flavonoid diketahui mampu menetralkan radikal bebas, menghambat proses peroksidasi lipid, serta menurunkan pembentukan MDA sebagai produk akhir peroksidasi lipid, sehingga berperan dalam mencegah kerusakan oksidatif pada lipid dan sel (Jomova *et al.* 2025). Kemampuan ekstrak okra ungu dalam meningkatkan aktivitas enzim antioksidan endogen, seperti *superoksida dismutase* (SOD) dan katalase. Aktivitas tersebut berkontribusi dalam memperkuat sistem pertahanan seluler terhadap radikal bebas (Sabry dan Al-Amoudi 2019). Penurunan kadar MDA juga bisa disebabkan oleh kandungan flavonoid ekstrak okra ungu.

Flavonoid, yang merupakan senyawa antioksidan yang paling banyak ditemukan pada okra ungu, mampu menurunkan dan mencegah peningkatan kadar MDA pada penderita diabetes melitus tipe 2. Flavonoid juga berperan dalam melindungi sel dari stres oksidatif dengan mengaktivasi gen antioksidan melalui *Antioxidant Response Element* (ARE) sehingga meningkatkan ekspresi enzim antioksidan endogen. Flavonoid bertindak sebagai donor atom hidrogen yang mampu mereduksi radikal bebas, menghambat aktivitas enzim pembentuk *reactive oxygen species* (ROS), menghambat peroksidasi lipid, serta memperkuat sistem pertahanan antioksidan endogen (Kumar dan Pandey 2013; Banjarnahor dan Artanti 2014). Salah satu flavonoid utama pada okra ungu adalah kuersetin, yang berperan penting dalam memperkuat mekanisme pertahanan antioksidan dengan meningkatkan aktivitas enzim *superoksida dismutase* (SOD), *katalase* (CAT), dan *glutathion peroksidase* (GSH-Px). Peningkatan aktivitas enzim-enzim tersebut mempercepat detoksifikasi ROS sehingga menekan peroksidasi lipid pada membran sel. Karena MDA merupakan produk akhir peroksidasi lipid, penghambatan proses tersebut berkontribusi terhadap penurunan pembentukan MDA (Xu *et al.* 2019). Karakteristik tersebut mendukung potensi komponen bioaktif okra ungu dalam menurunkan stres oksidatif.

Peran flavonoid dalam menurunkan kadar MDA juga berkaitan dengan kemampuannya memperbaiki homeostasis glukosa. Flavonoid meningkatkan fosforilasi *insulin receptor substrate* (IRS) sehingga mengaktifkan jalur

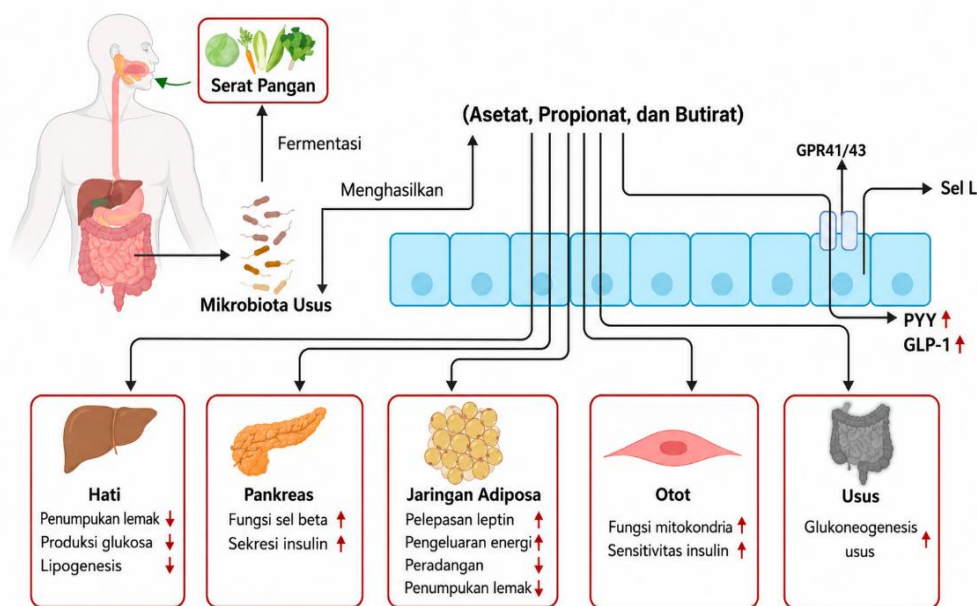
pensinyalan PI3K/Akt. Aktivasi jalur tersebut meningkatkan sensitivitas insulin dan pemanfaatan glukosa oleh jaringan perifer, sehingga kadar glukosa darah menjadi lebih terkendali. Flavonoid juga menghambat glukoneogenesis dan produksi glukosa di hati serta meningkatkan sintesis glikogen, yang berkontribusi terhadap perbaikan metabolisme karbohidrat. Perbaikan fungsi sel β pankreas, penurunan sitokin proinflamasi, serta peningkatan aktivitas antioksidan turut mendukung pengendalian glukosa dan mengurangi resistensi insulin. Pengendalian glukosa yang lebih baik menekan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) sehingga menghambat proses peroksidasi lipid. Penurunan peroksidasi lipid menyebabkan berkurangnya pembentukan MDA, sehingga kadar MDA dapat menurun sebagai indikator berkurangnya stres oksidatif pada penderita diabetes melitus tipe 2 (Vinayagam dan Xu 2015). Mekanisme flavonoid dalam pengendalian diabetes melitus disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13 Mekanisme Flavonoid dalam Pengendalian Diabetes Melitus
 Sumber: (Vinayagam dan Xu 2015).

Serat pangan pada puding dengan okra ungu diduga juga berkontribusi terhadap penurunan kadar MDA melalui perbaikan kontrol glikemik. Serat, terutama serat larut, dapat meningkatkan viskositas isi saluran cerna sehingga memperlambat pengosongan lambung, pencernaan, dan penyerapan glukosa di usus. Mekanisme tersebut membantu mengurangi glukosa darah setelah makan, sehingga berkontribusi terhadap penurunan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) akibat hiperglikemia kronik. Kondisi ini dapat mengurangi stres oksidatif dan proses peroksidasi lipid yang menghasilkan MDA (Lu *et al.* 2023). Serat pangan juga berperan sebagai prebiotik yang difermentasi oleh mikrobiota usus menjadi *short-chain fatty acids* (SCFAs), seperti asetat, propionat, dan butirat. SCFAs kemudian merangsang pelepasan hormon *glucagon-like peptide-1* (GLP-1)

dan *peptide YY* (PYY), sehingga membantu meningkatkan sekresi dan sensitivitas insulin serta memperbaiki kontrol glikemik. SCFAs juga menurunkan produksi sitokin proinflamasi, seperti $\text{TNF-}\alpha$, IL-6, *monocyte chemoattractant protein1* (MCP-1), dan *nuclear factor kappa-B* (NF- κ B). Penurunan respons inflamasi tersebut berkontribusi terhadap berkurangnya pembentukan *reactive oxygen species* (ROS), sehingga stres oksidatif, peroksidasi lipid, dan pembentukan MDA dapat berkurang (Mazhar *et al.* 2023). Peran serat pangan terhadap metabolisme glukosa dan lipid disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14 Peran serat pangan terhadap metabolisme glukosa dan lipid
Sumber: (Mazhar *et al.* 2023)

Perubahan kadar MDA yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan juga dimungkinkan dipengaruhi oleh faktor lain yang berperan terhadap perubahan kadar MDA. Faktor-faktor tersebut, baik yang berasal dari dalam dan luar tubuh, tidak termasuk dalam variabel yang diamati pada penelitian ini, namun dapat menjelaskan pengaruh perubahan kadar MDA sebesar 68%. Produksi *reactive oxygen species* (ROS) secara alami (endogen) merupakan respon fisiologis normal tubuh yang dihasilkan dari proses metabolisme sel, seperti rantai transpor elektron di mitokondria serta reaksi enzimatik yang melibatkan NO sintase, NADPH oksidase, xantin oksidase, dan lipoksigenase berperan pada perubahan kadar MDA (Sachdeva *et al.* 2014). Jumlah radikal bebas yang dihasilkan tubuh dapat berbeda antarindividu akibat variasi laju metabolisme. Kondisi ini dipengaruhi oleh aktivitas fisik, pola istirahat, asupan makan, persentase lemak tubuh, serta karakteristik latihan yang meliputi jenis, intensitas, dan durasi. Asupan pangan yang kaya antioksidan berpotensi memberikan efek sinergis dalam menurunkan kadar MDA (Mas-Bargues *et al.* 2021). Di samping faktor endogen, produksi ROS yang berasal dari luar tubuh (eksogen) juga dapat berkontribusi terhadap perubahan kadar MDA yang dipengaruhi oleh polutan udara, radiasi, sinar ultraviolet faktor diet dan gaya hidup, serta makanan atau obat-obatan yang masuk ke tubuh (Manful *et al.* 2025).

Ukuran sampel yang relatif kecil dan durasi intervensi selama 42 hari berpotensi membatasi kemampuan penelitian dalam mendeteksi perubahan kadar MDA secara signifikan. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya penelitian lanjutan dengan jumlah subjek yang lebih besar, periode intervensi yang lebih panjang, variasi dosis yang lebih luas, serta pemantauan jangka panjang untuk mengevaluasi efektivitas puding dengan okra ungu dalam menurunkan kadar MDA dan mengendalikan stres oksidatif pada subjek diabetes melitus tipe 2.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Puding dengan okra ungu memiliki karakteristik fisik berupa tekstur yang lembut dan berserat, nilai pH sebesar 4,2 dikategorikan asam serta berwarna ungu dengan tingkat kecerahan yang medium. Berdasarkan hasil analisis sensori deskriptif menggunakan metode konsensus, puding dengan okra ungu memiliki karakteristik aroma vanilla dan aroma okra ungu yang dominan, serta menunjukkan rasa asam dan rasa okra ungu sebagai atribut rasa utama. Seluruh atribut aroma dan rasa pada produk puding dengan okra ungu dapat diterima oleh panelis.

Sifat antioksidatif teridentifikasi pada puding dengan okra ungu adalah aktivitas antioksidan sebesar 79,96% inhibisi, dan 46,69 mg AEAC g⁻¹ ekstrak. Kapasitas antioksidan 100 g puding dengan okra ungu setara dengan 140,07 mg vitamin C. Puding ini juga menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 326,20 ppm, total fenolik sebesar 14,63 mg GAE g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 43,88 mg GAE 100g⁻¹, dan total flavonoid sebesar 29,69 mg QE g⁻¹ ekstrak atau setara dengan 89,69 mg QE 100g⁻¹. Puding dengan okra ungu menunjukkan potensi sebagai pangan fungsional dengan sifat antioksidatif.

Karakteristik dasar subjek penelitian, meliputi usia, status gizi (IMT), persen lemak tubuh, durasi diabetes, kadar glukosa darah puasa (GDP), dan kadar malondialdehida (MDA), menunjukkan kondisi yang relatif homogen pada kedua kelompok. Kesamaan karakteristik tersebut juga terlihat pada asupan makan dan tingkat aktivitas fisik yang tidak berbeda secara signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok intervensi. Tingkat aktivitas fisik rata-rata pada kedua kelompok berada dalam kategori sedang hingga tinggi.

Intervensi puding dengan okra ungu sebanyak 3 cup/hari dengan 1 cup puding seberat ±120 g dan diberikan selama 42 hari (6 minggu) menunjukkan bahwa adanya penurunan terhadap kadar malondialdehida (MDA) subjek dewasa dengan diabetes melitus tipe 2. Penurunan kadar MDA dapat disebabkan oleh adanya kandungan dalam puding dengan okra ungu.

6.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan dapat memperbaiki formula puding dengan okra ungu untuk meningkatkan daya terima produk. Pengembangan penelitian mengenai potensi antioksidan puding okra ungu pada subjek diabetes melitus tipe 2 dapat dilakukan melalui peningkatan jumlah subjek, menambah durasi intervensi guna mencapai signifikansi statistik yang diharapkan, penggunaan metode penelitian klinis yang berbeda, variasi dosis yang lebih luas, dan mekanisme intervensi yang lebih tepat, serta pemeriksaan pada biomarker lainnya salah satunya kadar *Superoxide Dismutase* (SOD) untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbexa. 2022. Malondialdehyde (mda) elisa kit. Abbexa. <https://www.abbexa.com/malondialdehyde-elisa-kit-2>.
- Achmad AB. 2022. Uji sitotoksik in vitro ekstrak etanol buah okra merah (*Abelmoschus esculentus*) pada sel hela. *JAVEST*. 3(1):22-26. doi: 10.20473/javest.V3.I1.2022.22-26.
- Adenan DM, Jaafar Z, Jayapalan JJ, Aziz AA. 2020. Plasma antioxidants and oxidative stress status in obese women: correlation with cardiopulmonary response. *PeerJ*. 8(e9230):1-22. doi:10.7717/peerj.9230.
- Adedeji FT, Adeyanju AA, Bamidele OP. 2025. Phenolic profile, physicochemical properties and antioxidant activities of blanching water obtained from some green leafy vegetables. *Food Chemistry Advances*. 6:100883. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100883>.
- Akter A, Mamun SA, Rizwan A, Talukder IJ, Mamataj S. 2022. Malondialdehyde Level as Oxidative Stress in Geriatric Population in Bangladesh. *M Abdur Rahim Medical College Journal*. 15(2)198-201.
- Al-Fariqi MZ, Yunika RP. 2021. Pengaruh senam diabetes dan asupan energi terhadap perubahan kadar glukosa darah pada penderita diabetes mellitus tipe 2 di RSUD Patut Patuh Patju Lombok Barat. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Berkala*. 3(1): 41–47.
- Anjani PP, Damayanthi E, Rimbawan, Handharyani E. 2018a. Antidiabetic potential of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L.) extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci* 012038:1-10. doi :10.1088/1755-1315/196/1/012038.
- Anjani PP, Damayanthi E, Rimbawan, Handharyani E. 2018b. Potential of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) Extract to Reduce Blood Glucose and malondialdehyde (MDA) Liver In Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *J Gizi Pangan*. 13(1):47-54. doi: 10.25182/jgp.2018.13.1.47-54.
- Anwar Y, Nurcholilah S, Yang S. 2025. Effectiveness test of potassium sorbate and sodium benzoate preservatives against microorganisms in herbal cough medicine preparation. *Bioedukasi*. 23(1):1–10.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry International. 2005. *Official Methods of Analysis of International 18th Ed*. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Atta EM, Mohamed NH, Abdelgawad AAM. 2017. Antioxidants: an Overview on the Natural and Synthetic Types. *Eur. Chem. Bull*. 6(8):365.doi:10.17628/ecb.2017.6.365-375.
- Ayala A, Muñoz MF, Argüelles S. 2014. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxid Med Cell Longev*. 2014(360438):1-31. doi: 10.1155/2014/360438.
- Aziah SA, Noorlaila A, Norizzah AR. 2015. Emulsifying properties of extracted

Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) mucilage of different maturity index and its application in coconut milk emulsion. *IFRJ*. 22(2):782-787. ISSN: 1985-4668.

Azitha, M, Aprilia D, Ilhami YR. 2018. Hubungan Aktivitas Fisik dengan Kadar Glukosa Darah Puasa pada Pasien Diabetes Melitus yang Datang ke Poliklinik Penyakit Dalam Rumah Sakit M. Djamil Padang. *J Kesehatan Andalas*. 7(3): 400-404.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2019. *Laporan Nasional RISKESDAS 2018*. BALITBANGKES, Kementerian Kesehatan RI.

Badan Penelitian dan pengembangan Kesehatan. 2019. *Profil Kesehatan Indonesia 2019*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.

Bangsawan CC, Kurniati I. 2019. Efek Antidiabetes Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus*). *J. Ilmu Kedokt. dan Kesehat*. 6(04):304-308.

Banjarnahor SDS, Artanti N. 2014. Antioxidant properties of flavonoids. *Med J Indones*. 23(4):239-244. doi: 10.13181/mji.v23i4.1015.

Barra NG, Anhê FF, Cavallari JF, Singh AM, Chan DY, Schertzer JD. 2021. Micronutrients alter glucose metabolism and gut bacteria. *Journal of Endocrinology*. 250(2):R1-R18. doi: 10.1530/JOE-21-0081.

Baynest HW. 2015. Classification, pathophysiology, diagnosis and management diabetes mellitus. *Journal of Diabetes & Metabolism*. 6(5):1-9. doi: 10.4172/2155-6156.1000541.

[BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan. Jakarta: BPOM RI.

[BPOM]. 2025. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 70 Tahun 2025 tentang Kategori Pangan. Jakarta: BPOM RI.

Bird SR, Hawley JA. 2017. Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2(1):e000143. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143>.

Bumrungpert A, Pavadhgul P, Chongsuwat R, Komindr S. 2020. Nutraceutical improves glycemic control, insulin sensitivity, and oxidative stress in hyperglycemic subjects: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Nat Product Commun*. 15(4):1-11. doi: 10.1177/1934578X20918687.

Burgos-Morón E, Abad-Jiménez Z, de Marañón AM, Iannantuoni F, Escribano-López I, López-Doménech S, Salom C, Jover A, Mora V, Roldan I, et al. 2019. Relationship between oxidative stress, er stress, and inflammation in type 2 diabetes: the battle continues. *J Clin. Med*. 8(9):2-22. doi: 10.3390/jcm8091385.

Cahyana AH, Kam N, Ellyn. 2017. Study on the stability of antioxidant and anti α -glucosidase activities using soaking treatment in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) mucilage extraction. *Chemistry International*. 3(3):202-211. ISSN: 2410-9649.

- Chaerunnisa NN, Damayanthi E, Setiawan B. 2024. The Nutritional Content and Sensory Qualities of Jelly Sticks Formulated with Different Proportions of Puree and Mucilage of Okra (*Abelmoschus esculentus*). *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 25(13): 453-461
- Chambers IV E. 2018. Consensus Methods for Descriptive Analysis. Di dalam: *Descriptive Analysis in Sensory Evaluation*. New Jersey: Wiley Blackwell.
- Chen Y, Shah S, Chen Y, Owen AJ, Ekegren CL, Ilic D, Gasevic D. 2025. Barriers to and facilitators of physical activity among community-dwelling older adults: a systematic review. *BMJ Open*. 15(1): e095260. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-095260>.
- Chukwuma CI, Islam S. 2017. Sorbitol increases muscle glucose uptake ex vivo and inhibits intestinal glucose absorption ex vivo and in normal and type 2 diabetic rats. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 42(4):377–383. doi:10.1139/apnm-2016-0433.
- Damayanthi E, Dewi M, Aries M, Nasution Z. 2024. Intervention with Purple Okra Pudding and Supplement to Improve Antioxidant Status in Healthy Adults. *J. Gizi dan Pangan*. 19(1):31–40. doi:10.25182/jgp.2024.19.1.31-40.
- Dantas TL, Buriti FCA, Florentino ER. 2021. Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a Potential Functional Food Source of Mucilage and Bioactive Compounds with Technological Applications and Health Benefits. *Plants*. 10(1683). doi: <https://doi.org/10.3390/plants10081683>.
- Darmawan M, Peranginangin R, Syarief R, Kusumaningrum I, Fransiska D. 2014. Pengaruh Penambahan Karaginan untuk Formulasi Tepung Puding Instan. *JPB Perikanan*. 9(1):83–95. doi: 10.15578/jpbkp.v9i1.102.
- Deng LZ, Mujumdar AS, Zhang Q, Yang XH, Wang J, Zheng ZA, Xiao HW. 2017. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 0(0):1-25. doi: 10.1080/10408398.2017.1409192.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2001. Inventaris Tanaman Obat (I) Jilid 2. Departemen Kesehatan & Kesejahteraan Sosial Republik Indonesia: Jakarta.
- El-Masry HMA, Mahmoud AAH. 2021. Free radicals and antioxidants in diseased neonates. *ANJ*. 3(1):8-23. doi: 10.21608/ANJ.2020.131987.
- Esmaeilzadeh D, Razavi BM, Hosseinzadeh H. 2019. Effect of *Abelmoschus esculentus* (okra) on metabolic syndrome: A review. *Phytotherapy Research*. 2020:1–11. doi: 10.21472/bjbs.051104.
- Fadilah NR, Damayanthi E, Nasution Z. 2024. Antioxidative properties of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) pudding. *J. Gizi dan Diet. Indones*. 12(1). doi: [http://dx.doi.org/10.21927/ijnd.2024.1\(1\).%25p](http://dx.doi.org/10.21927/ijnd.2024.1(1).%25p).
- Flieger J, Flieger W, Baj J, Maciejewski R. 2021. Antioxidants: Classification, Natural Sources, Activity/Capacity Measurements, and Usefulness for the Synthesis of Nanoparticles. *Materials*. 14(15). doi: 10.3390/ma14154135.

- Forrester SJ, Kikuchi DS, Hernandes MS, Xu Q, Griendling KK. 2018. Reactive oxygen species in metabolic and inflammatory signaling. *Circ Res.* 122(6):877-902. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.117.311401.
- Gad AS, Sayd AF. 2015. Antioxidant properties of rosemary and its potential uses as natural antioxidants in dairy products—a review. *Food Nutr Sci.* 6(1):179-193. doi: 10.4236/fns.2015.61019.
- Galicia-Garcia U, Benito-Vicente A, Jebari S, Larrea-Sebal A, Siddiqi H, Uribe KB, Ostolaza H, Martín C. 2020. Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *Int.J. Mol. Sci.* 21(17):1–34.doi:10.3390/ijms21176275.
- Garcia-Sanchez A, Miranda-Diaz AG, Cardona-Munoz EG. 2020. The Role of Oxidative Stress in Physiopathology and Pharmacological Treatment with Pro- and Antioxidant Properties in Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2020:1-16. doi: 10.1155/2020/2082145.
- Garcia- Llorens G, Ouardi ME, Valls-Belles V. 2025. Oxidative Stress Fundamentals: Unraveling the Pathophysiological Role of Redox Imbalance in Non-Communicable Diseases. *Appl. Sci.* 2025, 15(18):1-29, 10191. doi.org/10.3390/app151810191.
- Gemedé HF, Haki GD, Beyene F, Rakshit SK, Woldegiorgis AZ. 2018. Indigenous ethiopian okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage: a novel ingredient with functional and antioxidant properties. *Food Sci Nutr.* 6(3):563-571. doi: 10.1002/fsn3.596.
- Gemedé HF, Ratta N, Haki GD, Woldegiorgis AZ. 2015. Nutritional Quality and Health Benefits of Okra (*Abelmoschus esculentus*): A Review. *J. Food Process. Technol.* 14(5). doi:10.4172/2157-7110.1000458.
- Ghadimi M, Foroughi F, Hashemipour S, Nooshabadi MR, Ahmadi MH, Nezhad BA, Haghghian HK. 2021. Randomized double-blind clinical trial examining the ellagic acid effects on glycemic status, insulin resistance, antioxidant, and inflammatory factors in patients with type 2 diabetes. *Phytother Res.* 35(2):1023–1032. https://doi.org/10.1002/ptr.6867.
- Gibson RS. 2005. *Principles of Nutritional Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Giyatmi G, Zakiah D, Hamidatun H. 2022. Karakteristik Mutu Puding Pada Berbagai Perbandingan Tepung Agar-Agar Dan Jus Okra. *J. Teknol. Pangan dan Kesehat. The J. Food Technol. Heal.* 4(1):11–19.doi:10.36441/jtepakes.v4i1.829.
- Gulcin İ. 2025. Antioxidants: a comprehensive review. *Arch Toxicol.* 99(5):1893–1997. doi:10.1007/s00204-025-03997-2.
- Haas JD, Beard JL, Murray-Kolb LE, del Mundo AM, Felix A, Gregorio GB. 2015. Iron-biofortified rice improves the iron stores of non anemic filipino women. *JN.* 135(12):2823-2830. doi: 10.1093/jn/135.12.2823.
- Halim M, Halim A. 2019. The effects of inflammation, aging and oxidative stress on the pathogenesis of diabetes mellitus (type 2 diabetes). *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.* 13(2):1165–1172.doi:10.1016/j.dsx.2019.01.040.

- Handayani DA, Dwiloka B, Nurwantoro. 2017. Mutu kimia dan organoleptik ubi jalar putih (*Ipomoea Batatas*) yang difermentasi dalam waktu yang berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 6(1):48–51. doi:10.17728/jatp.208.
- Hardianto, D. 2020. Telaah komprehensif diabetes melitus: klasifikasi, gejala, diagnosis, pencegahan, dan pengobatan. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*:7(2): 304-317. Doi:10.29122/jbbi.v7i2.4209.
- Harna, Efriyanurika L, Novianti A, Mertien S, Irawan. 2022. Status gizi, asupan zat gizi makro dan kaitannya dengan kadar HbA1c pada pasien diabetes mellitus tipe 2. *Jurnal Ilmu Kesehatan*. 15(4): 365–372.
- Husen SA. 2020. Potensi Antioksidan Ekstrak Buah Okra Merah (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) untuk Perbaikan Sensitivitas Jaringan terhadap Insulin pada Mencit Diabetik [Disertasi]. Surabaya: Universitas Airlangga.
- [IDF] International Diabetes Federation. 2025. Atlas Diabetes Mellitus 2025. *IDF Diabetes Atlas*. 10th edition. Brussels.
- [ISO] International Organization for Standardization. 1993. Sensory Analysis - General Guidance for The Selection, Training and Monitoring of Assessors.
- [IPAQ] International Physical Activity Questionnaire. 2016. In Ref Type: Internet. Communication. [diakses 2024 September 12];
- Isnaini N, Ratnasari. 2018. Faktor risiko mempengaruhi kejadian Diabetes mellitus tipe 2. *J keperawatan dan Kebidanan Aisyiyah*. 14(1):59-68. doi:10.31101/jkk.550.
- Ito F, Sono Y, Ito T. 2019. Measurement and Clinical Significance of Lipid Peroxidation as a Biomarker of Oxidative Stress: Oxidative Stress in Diabetes, Atherosclerosis, and Chronic Inflammation. *Antioxidants*. 8(72): 1-28. doi: 10.3390/antiox8030072.
- Jannah M, Damayanthi E, Nasution Z. 2025. Effect of okra mucilage addition on antioxidant properties of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) pudding. The 3rd IPB International Conference on Nutrition and Food (ICNF 2024). *BIO Web Conf*. 153:03003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515303003>.
- Jannah M. 2024. Pengaruh Jumlah *Mucilage* pada Puding Okra Ungu terhadap Kadar Fitokimia, Aktivitas Antioksidan, dan Inhibisi α -Glukosidase. [tesis]. Bogor: IPB University.
- Jomova K, Alomar SY, Valko R, Liska J, Nepovimova E, Kuca K, Valko M. 2025. Flavonoids and their role in oxidative stress, inflammation, and human diseases. *Chemico-Biological Interactions*. 413:111489. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2025.111489>
- Karam, L, Ghonim, F, Dahdah, P, Attieh, G, Al-Ahmad, S, Ghonim, S, Osaili, T. 2023. Beyond Chemical Preservatives: Enhancing the Shelf-Life and Sensory Quality of Ready-to-Eat (RTE) Hummus with Vinegar and Other Natural Antimicrobials. *Foods*. 12 (2947):1-16. doi.org/10.3390/foods12152947.
- [Kemenkes RI] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018. Hasil Utama

Riset Kesehatan Dasar. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*:1–100.

[Kemenkes RI]. 2019. Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*:1–33.

[Kemenkes RI]. 2023. Survei Kesehatan Indonesia 2023 Dalam Angka. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*:1–68.

Khafar KR, Kakey ES. 2020. Aging Influence Mitochondrial Dysfunction and Oxidative Stress through Check Some Proinflammatory Cytokines Levels and Oxidant Status in Older Adults: an Observational Study. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 14(2):772-777. doi: 10.37506/ijfmt.v14i2.2956

Khodija U, Wiboworini B, Kartikasari LR. 2020. Comparing the Effect of Steamed and Boiled Okra (*Abelmoschus esculentus*) on Fasting Blood Glucose among Type 2 Diabetes Mellitus Patients with Hypercholesterolemia. *Int J Nutr Sci*. 5(2):69-75. doi: 10.30476/IJNS.2020.85873.1064.

Khomsan A. 2004. *Pangan dan Gizi untuk Kesehatan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Kubo I, Masuoka N, Xiao P, Haraguchi H. 2002. Antioxidant Activity of Dodecyl Gallate. *J. Agric. Food Chem*. 50(12):3533–3539. doi:10.1021/jf011250h.

Kuchay MS, Choudhary NS, Mishra SK. 2020. Pathophysiological mechanisms underlying MAFLD. *Diabetes Metab Syndr: Clin Res Rev*. 14(2020):1875-1887. doi: 10.1016/j.dsx.2020.09.026.

Kumar S, Pandey AK. 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*. 2013(162750):1-16. doi: 10.1155/2013/162750.

Kurutas EB. 2016. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutrition Journal*. 15(71):1-22. doi: 10.1186/s12937-016-0186-5.

Kusumaningrum A, Parnanto N, Atmaka W. 2016. Kajian pengaruh variasi konsentrasi karaginan-konjak sebagai gelling agent terhadap karakteristik fisik, kimia dan sensoris permen jelly buah labu kuning (*Cucurbita maxima*). *J Teknosains Pangan*. 5(1):1–11.

Lau KQ, Sabran MR, Shafie SR. 2021. Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredients and Food. *Front. Nutr*. 8:661693. doi: 10.3389/fnut.2021.661693.

Lesjak M, Beara I, Simin N, Pintač D, Majkić T, Bekvalac K, Orčić D, Mimica-Dukić N. 2018. Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. *J Funct Foods*. 40:68–75. doi:10.1016/j.jff.2017.10.047.

Lesmayati S, Rohaeni ES. 2014. Pengaruh Lama Pemeraman Telur Asin Terhadap Tingkat Kesukaan Konsumen. Prosiding Seminar Nasional “Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi. *Pros Semin Nas “Inovasi Teknol Pertan Spesifik Lokasi*. ”(4):595–601.

Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Morte DD, Gargiulo G, Testa G,

Cacciatore F, Bonaduce D, et al. 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin Interv Aging*. 2018(13):757-772. doi: 10.2147/CIA.S158513.

Lu K, Yu T, Cao X, Xia H, Wang S, Sun G, Chen L and Liao W. 2023. Effect of viscous soluble dietary fiber on glucose and lipid metabolism in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis on randomized clinical trials. *Front Nutr*. 10:1253312. doi: 10.3389/fnut.2023.1253312

Malta LG, Liu RH. 2014. Analyses of total phenolics, total flavonoids, and total antioxidant activities in food and dietary supplements. *Food Science*. 305-314. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00058-9>.

Mamta, Misra K, Dhillon GS, Brar SK, Verma M. 2014. Antioxidants. Di dalam: Brar SK, editor. *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals*. New York (NY): Springer Publishing. hlm 117–138. doi: 10.1007/978-1-4614-8005-1_6

Manful CF, Fordjour E, Subramaniam D, Sey AA.; Abbey L, Thomas R. 2025. Antioxidants and Reactive Oxygen Species: Shaping Human Health and Disease Outcomes. *International Journal of Molecular Sciences*. 26, (7520):1-42. doi.org/10.3390/ijms26157520

Manik AES, Melai M, Kurniawati A, Faridah DN. 2019. Hasil dan Kualitas Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) Merah dan Okra Hijau dengan Jenis Pupuk yang Berbeda. *J Agron Indonesia*. 47(1):68-75. doi: 10.24831/jai.v47i1.22295.

Mas-Bargues C, Escrivá C, Dromant M, Borrás C, Viña J. 2021. Lipid peroxidation as measured by chromatographic determination of malondialdehyde. Human plasma reference values in health and disease. *JABB*. 709(2021):1-7. doi: 10.1016/j.abb.2021.108941.

Mastuti TS, Setiawanto AF. 2022. Characteristic of red ginger jelly stick with variation type of gelling agent. *Adv Biol Sci Res*. 16:199–207. doi:10.2991/absr.k.220101.026.

Mazhar M, Zhu Y, Qin L. 2023. The Interplay of Dietary Fibers and Intestinal Microbiota Affects Type 2 Diabetes by Generating Short-Chain Fatty Acids. *Foods*. 12 (1023): 1-18. <https://doi.org/10.3390/foods12051023>

Meilgaard MC, Civille G V., Carr BT. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton, US: CRC Press.

Minatel IO, Borges CV, Ferreira MI, Gomez HAG, Chem CYO, Lima GPP. 2017. Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. Di dalam: Soto-Hernandez M, Palma-Tenango M, Garcia-Mateos R, editor. *Phenolic Compounds - Biological Activity*. [London]: InTech. hlm 1-24. doi: 10.5772/66368.

Mironczuk-Chodakowsha I, Witkowska AM, Zujko ME. 2018. Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body. *Adv Med Sci*. 63(2018):68-78. doi: 10.1016/j.advms.2017.05.005.

Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical *diphenylpicrylhydrazyl*

(DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science Technology*. 26(2):211-219.

Moradi A, Tarrahi M.-J, Ghasempour S, Shafiepour M, Clark CCT, & Safavi S M. 2019. The effect of okra (*Abelmoschus esculentus*) on lipid profiles and glycemic indices in Type 2 diabetic adults: Randomized double blinded trials. *Phytotherapy Research*. doi: 10.1002/ptr.6782

Moreto F, de Oliveira EP, manda RM, Burini RC. 2014. The higher plasma malondialdehyde concentrations are determined by metabolic syndrome-related glucolipotoxicity. *Oxid Med Cell Longev*. 2014(505368):1-7. doi: 10.1155/2014/505368.

Moussa Z, Judeh ZMA, Ahmed SA. 2019. *Nonenzymatic exogenous and endogenous antioxidants*. London: IntechOpen.

Msomi NZ, Erukainure OL, Islam MS. 2021. Suitability of sugar alcohols as antidiabetic supplements: A review. *J. Food Drug Anal*. 29(1):1–14. doi:10.38212/2224-6614.3107.

Munteanu IG, Apetrei C. 2021. Analytical methods used in determining antioxidant activity: a review. *IJMS*. 22(7):1-32. doi: 10.3390/ijms22073380.

Nabila M, Damayanthi E, Marliyati SA. 2018. Extracts of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) improves dyslipidemia by ameliorating lipid profile while not affecting hs-crp levels in streptozotocin-induced rats. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 196(012039):1-5. doi: 10.1088/1755-1315/196/1/012039.

Nguekouo PT, Kuate D, Kengne APN, Woumbo CY, Tekou FA, Oben JE. 2018. Effect of boiling and roasting on the antidiabetic activity of *Abelmoschus esculentus* (Okra fruits and seeds in typer 2 diabetic rats. *J Food Biochem*. 42(6):1-9. doi: 10.1111/jfbc.12669.

Nielsen SS. 2010. *Food Analysis*. 4th Edition. New York: Springer.

Nikpayam, O., E. Safaei, N. Bahreini and M. Saghafi-Asl. 2021. The effects of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) products on glycemic control and lipid profile: A comprehensive systematic review. *Journal of Functional Foods*. 87:1-15. doi: 10.1016/j.jff.2021.104795.

Notoatmodjo S. 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta: Jakarta.

Nurayati, L. and Adriani, M. 2017. Hubungan Aktifitas Fisik dengan Kadar Gula Darah Puasa Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. *Amerta Nutrition*. 2017:80-87. doi : 10.2473/amnt.v1i2.2017.80-87

Nurhasnawati H, Sundu R, Supriningrum R, Kuspradini H, Arung ET. 2019. Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of several indigenous species of ferns in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 20(2): 576-580. doi: 10.13057/biodiv/d200238.

Nurhidayati VA, Martianto D, Sinaga T. 2017. Energi dan zat gizi dalam penyelenggaraan makanan di taman kanak-kanak dan perbandingannya terhadap subjek tanpa penyelenggaraan makanan. *JGP*. 12(1):69-78. doi: 10.25182/jgp.2017.12.1.69-78.

- Oyedemi SO, Nwaogu G, Chukwuma CI, Adeyemi OT, Matsabisa MG, Swain SS, Aiyegoro OA. 2019. Quercetin modulates hyperglycemia by improving the pancreatic antioxidant status and enzyme activities linked with glucose metabolism in type 2 diabetes model of rats: In silico studies of molecular interaction of quercetin with hexokinase and catalase. *J. Food Biochem.* 44(2):1–16. doi:10.1111/jfbc.13127.
- Panche AN, Diwan AD, Chandra SR. 2016. Flavonoids: an overview. *JNS.* 5(470):1-15. doi: :10.1017/jns.2016.41.
- Panova IG, Tatikolov AS. 2023. Endogenous and exogenous antioxidants as agents preventing the negative effect of contrast media (contrast-induced nephropathy). *Pharmaceuticals.* 16(8): 1-27. doi: <https://doi.org/10.3390/ph16081077>.
- Pasaribu AA, Amalia A, Tampubolon VAA, Pasaribu SF. 2022. Potency of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) as Antidiabetic. *J Gizi dan Kesehat.* 14(2):238–244.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj6zej224f7AhUdFLcAHWfuCw8QFnoECBAQAQ&url=http%3A%2F%2Fjurnalgizi.unw.ac.id%2Findex.php%2FJGK%2Farticle%2Fview%2F342&usg=AOvVaw0vIhc3PK4ss5FRVqpO5K3r>.
- [PERKENI] Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. 2021. *Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia*. Jakarta: PB. Perkeni.
- [Permenkes] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2019. Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia:1–33.
- Pisoschi AM, Pop A. 2015. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *EJMECH.* 97(2015):55-74. doi:10.1016/j.ejmech.2015.04.040.
- Pramudya M, Dewi FRP, Wong RW, Anggraini DW, Winarni D, Wahyuningsih SPA. 2022. Anti-cancer activity of an ethanolic extract of red okra pods (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in rats induced by N-methyl-N-nitrosourea. *Vet World.* 15(5):1177-1184. doi: 10.14202/vetworld.2022.1177-1184.
- Prawitasari DS. 2019. Diabetes Mellitus dan Antioksidan. *Jurnal Kesehatan dan Kedokteran.* 1(1): 47-51. doi.org/10.24123/kesdok.v1i1.2496
- Putman AK, Contreras GA, Sordillo LM. 2021. Isoprostanes in veterinary medicine: beyond a biomarker. *Antioxidants.* 10(2):1-16. doi: 10.3390/antiox10020145.
- Roy A, Shrivastava SL, Mandal SM. 2014. Functional properties of Okra *Abelmoschus esculentus* L. (Moench): traditional claims and scientific evidences. *PST.* 1(3):121-130. doi: 10.14719/pst2014.1.3.63.
- Sabry MM, Al-Amoudi WM. 2019. Evaluation of antioxidant activity of okra

(*Abelmoschus esculentus* L.) and its effect on oxidative stress in experimental animals. *Int J Pharm Sci Rev Res*. 54(2):45-51.

Sachdeva M, Karan M, Singh T, Dhingra S. 2014. Oxidants and antioxidants in complementary and alternative medicine: a review. *Spatula*. 4(1):1-16. doi: 10.5455/spatula.20140131074751.

Sadowska-Bartosz I, Bartosz G. 2022. Evaluation of The Antioxidant Capacity of Food Products: Methods, Applications and Limitations. *Process*. 10(2031):1-23. doi: 10.3390/pr10102031

Salehi B, Ata A, Kumar NVA, Sharopov F, Ramírez-Alarcón K, Ruiz-Ortega A, Ayatollahi SA, Fokou PVT, Kobarfard F. 2019. Antidiabetic potential of medicinal plants and their active components. *Biomolecules*. 9(10):1-121. doi: 10.3390/biom9100551.

Salsabila DM, Alifiani N, Islam N, Febriana S, Nisa TC. 2022. Aktivitas antioksidan dan total flavonoid es krim naga merah dan lidah buaya sebagai nonfarmakoterapi dmt2. *JTEPAKES*. 4(1):1-10. doi: 10.36441/jtepakes.v4i1.827.

Salsabila DM, Maryusman T, Fatmawati I. 2020. Pengaruh Sinbiotik Kefir Tepung Pisang Batu (*Musa balbisiana*) Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Sindrom Metabolik. *J. Bioteknol. Biosains Indones*. 7(1):18–27. doi:10.29122/jbbi.v7i1.3730.

Salsabila DM. 2023. Pengaruh Pemberian Suplemen Kesehatan Ekstrak Okra Ungu terhadap Kadar Malondialdehida Orang Dewasa dengan Lemak Tubuh Tinggi [tesis]. Bogor: IPB University.

Septianingrum NMAN, Hapsari WS, Syarifuddin A. 2018. Identifikasi kandungan fitokimia ekstrak okra merah (*Abelmoschus esculentus*) dan uji aktivitas antibiotik terhadap bakteri *Escherichia coli*. *JIFI*. 1(2):170-177. doi: 10.36387/jifi.v1i2.240.

Septyaningrum N, Martini S. 2014. Lingkar Perut Mempunyai Hubungan Paling Kuat dengan Kadar Gula. *J Berkala Epidemiologi*. 2(1):48-58.

Setyaningsih D, Apriyantono A, Sari MP. 2010. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor: IPB Press.

Shah D, Mahajan N, Sah S, Nath SK, Paudyal B. 2014. Oxidative stress and its biomarkers in systemic lupus erythematosus. *JBS*. 21(23):1-13. doi: 10.1186/1423-0127-21-23.

Shahidi F, Zhong Y. 2015. Measurement of antioxidant activity. *J Funct Foods*. 18:757–781. doi:10.1016/j.jff.2015.01.047.

Shankar H, Kalaiselvi K. 2016. Study of plasma levels of malondialdehyde as an oxidative stress marker” so it comes as a marker in smokers & non-smokers. *Indian J Res*. [diakses 29 Mei 2024]; 5(1):69-70. https://www.worldwidejournals.com/paripex/recent_issues_pdf/2016/Janury/study-of-plasma-levels-of-malondialdehyde--as-an-oxidative-stress-in--smokers--nonsmokers_January_2016_0936577091_0809834.pdf

Sharifi-Rad M, Kumar NVA, Zucca P, Varoni EM, Dini L, Panzarini E, Rajkovic

J, Fokou PVT, Azzini E, Peluso I. 2020. Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Front Physiol.* 11(694):1-21. doi: 10.3389/fphys.2020.00694.

Shen DD, Li X, Qin YL, Li MT, Han QH, Zhou J, Lin S, Zaho L, Zhang Q, Qin W *et al.* 2019. Physicochemical properties, phenolic profiles, antioxidant capacities, and inhibitory effects on digestive enzymes of okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit at different maturation stages. *J Food Sci Technol.* 56(3):1275–1286. doi: 10.1007/s13197-019-03592-1.

Sirait M, Sulistiowati E, Sihombing M, Kusuma A, Idayani S. 2015. Insiden dan faktor risiko diabetes melitus pada orang dewasa di kota Bogor - Studi kohor prospektif faktor risiko penyakit tidak menular. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan.* 8(2):151–160.

Sunita R, Sahidan S, Hidayat R. 2020. Evaluation of malondialdehyde in type 2 diabetes mellitus patients as oxidative stress markers in bengkulu population. *BSM.* 4(3):45-54. doi: 10.32539/bsm.v4i3.146.

Susanti S, Legowo AM, Mulyani S, Pratama Y. 2022. Characteristics of Yogurt Ice Cream Fortified with Red Dragon Fruit Puree as Anti-Obesity Functional Food. *J. Gizi dan Pangan.* 17(2):115–122. doi:10.25182/jgp.2022.17.2.115-122.

Tamura Y, Omura T, Toyoshima K, Araki A. 2020. Nutrition management in older adults with diabetes: a review on the importance of shifting prevention strategies from metabolic syndrome to frailty. *Nutrients.* 12(11):3367. doi: 10.3390/nu12113367

Tan BL, Norhaizan ME, Liew WPP. 2018. Nutrients and Oxidative Stress: Friend or Foe?. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2018:1-24. doi: 10.1155/2018/9719584.

Tyagita N, Mahati E, Safitri AH. 2021. Superiority of purple okra (*Abelmoschus esculentus*) to green okra in insulin resistance and pancreatic β cell improvement in diabetic rat. *Folia Medica.* 63(1):51-58. doi: 10.3897/folmed.63.e51944.

Tyagita N, Utami KP, Zulkarnaik FH, Rossandini SM, Pertiwi NP, Rifki MA, Safitri AH. 2019. Okra Infusion Water Improving Stress Oxidative and Inflammatory Markers on Hyperglycemic Rats. *Bangladesh Journal of Medical Science.* 18(4):748-752. doi: 10.3329/bjms.v18i4.42879.

Ubro I, Kawengian SES, Bolang ASL. 2014. Hubungan antara asupan energi dengan status gizi mahasiswa program studi pendidikan dokter angkatan 2013 Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. *PAAI E-Biomedik.* 2(1): 1– 8.

Utami RP. 2018. Kandungan gizi, total fenol, kuersetin, dan kapasitas antioksidan total pada berbagai proses pemasakan okra (*Abelmoschus esculentus* L.) [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Utami RP. 2020. Physical characteristic, nutrient and quercetin content of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) with different harvesting age. *PHWB.* [diakses

2022 Mei 30]; 2(1):10-19.
<https://ejournalhealth.com/index.php/phwb/article/view/43>.

Vafadar A, Shabaninejad Z, Movahedpour A, Fallahi F, Taghavipour M, Ghasemi Y, Akbari M, Shafiee A, Hajighadimi S, Moradizarmehri S. 2020. Quercetin and cancer: new insights into its therapeutic effects on ovarian cancer cells. *Cell Biosci.* 10(1):1–17. doi:10.1186/s13578-020-00397-0.

Vinayagam R, Xu B. 2015. Dietary phytochemicals in managing diabetes: A review of the evidence. *Nutrition & Metabolism.* 12 (60):1-20. doi:10.1186/s12986-015-0057-3.

Wahyuningsih SPA, Fachrisa A, Nisa N, Kusuma BWA, Shoukat N, Ahmar RF, Mamuaya BKK, Alifiyah NI. 2021a. Potential of red okra extract (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) to restore kidney damage due to sodium nitrite. *Biosaintifika.* 13(1):84-91. doi: 10.1155/2021/6647800.

Wahyuningsih SPA, Savira NII, Anggraini DW, Winarni D, Suhargo L, Kusuma BWA, Nindyasari F, Setianingsih N, Mwendolwa AA. 2020. Antioxidant and nephroprotective effects of okra pods extract (*Abelmoschus esculentus* L.) against lead acetate-induced toxicity in mice. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2020(4237205):1-10. doi: 10.1155/2020/4237205.

Wahyuningsih SPA, Mwendolwa A, Winarni D, Anggreini RW, Mamuaya BKK. 2021b. Protective effect of red okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) pods against sodium nitrite-induced liver injury in mice. *Veter Med Int.* 2021(1):1-11. doi: 10.1155/2021/6647800.

Wang X, Yan X, Zhang J, Pan S, Li R, Cheng L, Qi X, Li L, Li Y. 2024. Associations of healthy eating patterns with biological aging national health and nutrition examination survey (NHANES) 1999–2018. *Nutr J.* 23:112. <https://doi.org/10.1186/s12937-024-01017-0>.

Winarso D. 2009. Physical characteristic change due to difference of age, muscle type, cooking time and temperature combination native chicken meat. *J Sain Vet.* 27(2):82–97. doi:10.22146/jsv.465.

Windrayani E, Budhiyanti S A, Ekantar N. 2023. High temperature short time blanching enhances the antioxidative properties of sea grapes (*Caulerpa racemosa*) powder. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 1289 (2023) 012037. doi:10.1088/1755-1315/1289/1/012037.

Xu D, Hu M, Wang Y, Cui Y. 2019. Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *Molecules.* 24(6):1-15. doi: 10.3390/molecules24061123.

Yadav A, Kumari R, Yadav A, Mishra JP, Srivatva S, Prabha S. 2015. Antioxidants and its functions in the human body - A Review. *Res. Environ. Life Sci.* 9(11):1328-1331. ISSN: 0974-4908.

Yadikar N, Ahmet A, Zhu J, Bao X, Yang X, Han H, Rozi P. 2022. Exploring the Mechanism of citric Acid for Treating Glucose Metabolism Disorder Induced by Hyperlipidemia. *J. Food Biochem.* 2(4). doi: <https://doi.org/10.1111/jfbc.14404>.

- Yang J, Chen X, Rao S, Li Y, Zang Y, Zhu B. 2022. Identification and Quantification of Flavonoids in Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and Antiproliferative Activity In Vitro of Four Main Components Identified. *Metabolites*. 12(483):1-11. doi: 10.3390/metabo12060483
- Yao X, Zhang J, Zhang X, Jiang T, Zhang Y, Dai F, Hu H and Zhang Q (2023) Age at diagnosis, diabetes duration and the risk of cardiovascular disease in patients with diabetes mellitus: a cross-sectional study. *Front. Endocrinol.* 14:1131395. doi: 10.3389/fendo.2023.1131395
- Yuanyuan Z, Ping C, Guanghui C, Yongqiang Z. 2022. A bries review of phenolic compounds identified from plants: their extraction, analysis, and biological activity. *Natural Product Communication*. 17(1): 1-14.
- Yuliani N N, Sambara J. and Mau M A. 2016. Uji Aktivitas Antioksidan Fraksi Etilasetat Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dengan Metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). *Jurnal Info Kesehatan*, 14(1), pp. 1092–1110.
- Yunanto A, Setiawan B, Suhartono E. 2009. *Peran Radikal Bebas*. Banjarmasin: Penerbit Pustaka Banua.
- Yusof N, Jaswir I, Jamal P, Jami MS. 2019. Texture Profile Analysis (TPA) of the jelly dessert prepared from halal gelatin extracted using High Pressure Processing (HPP). *Malaysian J Fundam Appl Sci.* 15(4):604–608. doi:10.11113/mjfas.v15n4.1583.
- Zhang Y, Zhang T, Zhao Q, Xie X, Li Y, Chen Q, Cheng F, Tian J, Gu H, Huang J. 2021. Comparative transcriptome analysis of the accumulation of anthocyanins revealed the underlying metabolic and molecular mechanisms of purple pod coloration in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Foods*. 10(9): 1-19. doi: 10.3390/foods100.
- Zhang Y, Yang Q, Lu F, Wang X, Liang R, Pu X, Chen J, Zhang D, Chen Z. 2024. Inhibitory effects of potassium sorbate and ZnO nanoparticles on bacteria in milk-based beverage. *International Dairy Journal*. 159:106073. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106073>