JURNAL LOCUS: Penelitian & Pengabdian
Volume 5 No. 10 October 2026, pp 8880-8900
E-ISSN 2829-7334
DOI: 10.58344/locus.v5i10.6293

Efektivitas Kombinasi Ekstrak Daun Stevia (Stevia rebaudiana) dan Pakis Sayur (Diplazium esculentum) dalam Sediaan Yoghurt sebagai Minuman Antidiabetes

Moch Januar Kinusi*, Reni Mulyani, Lela Lailatul Khumaisah
Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Indonesia
Email: mochjanuar0901@ummi.ac.id*, renimulyani@ummi.ac.id, lelakhumaisah@ummi.ac.id

Keywords:
Yogurt; Functional Food; Antidiabetic; Stevia; Edible fern.

Abstract
*Diabetes is a non-communicable disease characterized by metabolic disorders resulting from the body's inability to produce insulin optimally, leading to elevated blood glucose levels. The high prevalence of diabetes mellitus is influenced by dietary habits. Management of the condition can be achieved through dietary changes, such as reducing sugar intake and opting for functional foods. Yogurt is one food product with potential for such development; however, commercial yogurts often contain 10g of sugar per 100g of product, whereas the World Health Organization (WHO) recommends an added sugar intake of less than 10%. An alternative approach involves replacing sugar with stevia leaf extract, which does not raise blood glucose levels. The functional value can be further enhanced by adding edible fern leaf extract, which contains chemical compounds with antidiabetic properties. Therefore, this study aimed to analyze the quality of yogurt fortified with stevia leaf and edible fern leaf extracts and to evaluate its antidiabetic effectiveness through *in vivo* testing. Analyses included organoleptic, physicochemical, heavy metal, and microbial contamination assessments, as well as antidiabetic efficacy testing. Based on the SNI 2981:2009 standard, all yogurt formulations met quality requirements, except for the bacterial starter count, which fell below the minimum limit. ANOVA analysis revealed a significant difference in the reduction of blood glucose levels ($p = 0.013$). Duncan's test indicated that formulation F7 (0.03% stevia and 0.75% edible fern) resulted in a 22.64% reduction in blood glucose, a result not significantly different from that of the positive control (glibenclamide). The combination of stevia leaf and edible fern leaf extracts shows potential for development as an antidiabetic functional beverage.*

Kata Kunci:
Yoghurt; Pangan Fungsional; Antidiabetes; Stevia; Pakis sayur.

Abstrak
Diabetes merupakan penyakit tidak menular yang ditandai oleh gangguan metabolisme akibat ketidakmampuan tubuh memproduksi insulin secara optimal, menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah. Tingginya prevalensi diabetes melitus dipengaruhi pola makan. Penanganan diabetes melitus dapat dilakukan melalui perubahan pola makan dengan mengurangi gula dan memilih pangan fungsional. Salah satu produk pangan yang dapat dikembangkan ialah yoghurt. Yoghurt di pasaran mengadung 10g/100g produk. Sementara itu, World Health Organization (WHO) merekomendasikan asupan gula tambahan kurang dari 10%. Alternatif yang dilakukan mengganti gula dengan ekstrak daun stevia yang tidak menyebabkan kenaikan gula darah. Peningkatan nilai fungsional dengan penambahan ekstrak daun pakis sayur yang mengandung senyawa kimia berperan sebagai antidiabetes. Oleh karena itu, penelitian ini

bertujuan menganalisis kualitas mutu yoghurt dengan penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur dan mengetahui efektivitas sebagai antidiabetes melalui uji in vivo. Pengujian meliputi organoleptik, fisika kimia, cemaran logam berat dan cemaran mikroba, serta uji efektivitas antidiabetes. Hasil penelitian berdasarkan SNI 2981:2009, semua formulasi yoghurt memenuhi standar persyaratan mutu, kecuali pada parameter jumlah starter bakteri yang berada di bawah batas minimal. Analisis ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan penurunan kadar glukosa darah ($p = 0.013$). Uji duncan menunjukkan formulasi F7 (stevia 0.03% dan pakis sayur 0.75%) memberikan penurunan glukosa darah sebesar 22.64% dan tidak berbeda nyata dengan kontrol positif (glibenklamid). Kombinasi ekstrak daun stevia dan pakis sayur berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional antidiabetes.

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit tidak menular yang ditandai oleh gangguan metabolisme kronis akibat ketidakmampuan tubuh memproduksi atau menggunakan insulin secara optimal sehingga menyebabkan hiperglikemia. DM secara umum dibedakan menjadi tipe I dan tipe II. DM tipe I terjadi akibat kerusakan sel β pankreas sehingga tubuh tidak mampu memproduksi insulin dan memerlukan terapi insulin, sedangkan DM tipe II terutama disebabkan oleh resistensi insulin yang meningkatkan kadar glukosa darah dan risiko komplikasi metabolik (Kemenkes, 2022). Menurut International Diabetes Federation (IDF, 2025), pada tahun 2024 terdapat sekitar 589 juta orang dewasa berusia 20–79 tahun yang menderita DM di seluruh dunia dan sekitar 90% di antaranya merupakan DM tipe II. Jumlah tersebut diperkirakan meningkat menjadi 853 juta orang pada tahun 2050. Indonesia menempati peringkat kelima dunia dengan sekitar 20,4 juta penderita DM pada tahun 2024 dan diproyeksikan mencapai 28,6 juta pada tahun 2050.

Tingginya prevalensi DM tipe II berkaitan dengan berbagai faktor, antara lain pola makan, aktivitas fisik, keturunan, dan kebiasaan merokok. Konsumsi karbohidrat dan gula secara berlebihan serta pola makan yang tidak seimbang dapat meningkatkan kadar glukosa darah dan risiko terjadinya DM (Fauziyyah dan Utama, 2024). Penanganan DM tipe II dapat dilakukan melalui perubahan gaya hidup, terutama pengaturan pola makan dan peningkatan aktivitas fisik (Marzel, 2021). Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengurangi konsumsi gula dan memilih pangan fungsional yang memiliki manfaat fisiologis bagi tubuh. Yoghurt merupakan salah satu produk pangan fungsional yang berpotensi dikembangkan karena dihasilkan melalui fermentasi susu oleh bakteri asam laktat, seperti Lactobacillus bulgaricus dan Streptococcus thermophillus (Astrup et al., 2019). Baik yoghurt konvensional maupun probiotik diketahui berpotensi memberikan pengaruh terhadap perubahan kadar gula darah puasa (Nuriannisa dkk., 2019).

Namun, yoghurt komersial umumnya mengandung gula tambahan untuk menyeimbangkan rasa asam hasil fermentasi. Kandungan gula pada yoghurt di pasaran dapat mencapai lebih dari 10 g/100 g produk (Moore, 2018), sementara WHO (2015) merekomendasikan pembatasan konsumsi gula tambahan kurang dari 10% kebutuhan energi harian dan secara ideal kurang dari 5%. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan yoghurt rendah gula yang tetap memiliki tingkat penerimaan yang baik. Salah satu alternatif pengganti sukrosa adalah ekstrak daun stevia (Stevia rebaudiana), yang merupakan pemanis alami rendah kalori dengan tingkat kemanisan sekitar 250–300 kali lebih tinggi dibandingkan sukrosa. Stevia juga dilaporkan tidak menyebabkan lonjakan gula darah

dan berpotensi memberikan manfaat fisiologis lainnya (Limanto, 2017). Penelitian Prasetyo (2017) juga menunjukkan potensi penggunaan ekstrak stevia dalam pengembangan yoghurt rendah kalori yang dapat menjadi alternatif produk bagi penderita diabetes.

Selain menurunkan kandungan gula, nilai fungsional yoghurt dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan alami yang memiliki potensi antidiabetes, salah satunya daun pakis sayur (Diplazium esculentum). Daun pakis sayur mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan asam fenolik yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional (Bhutia, 2025). Iljannah (2025) melaporkan bahwa ekstrak daun pakis sayur mengandung beberapa senyawa yang berpotensi memberikan aktivitas antidiabetes, antara lain kaempferol 3-rhamno-glucoside, 4,4-bis-[2,2-bis-(4-methoxyphenyl-vinyl]-biphenyl, dentaxusin, phorone A, dan dulciol. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pakis sayur berpotensi dikombinasikan dengan stevia untuk menghasilkan yoghurt yang tidak hanya rendah gula, tetapi juga memiliki nilai fungsional dalam mendukung pengendalian kadar glukosa darah.

Kebaruan penelitian (novelty) ini terletak pada tiga hal. Pertama, penelitian ini mengombinasikan ekstrak daun stevia dan pakis sayur dalam formulasi yoghurt, yang belum pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Kedua, penelitian ini mengevaluasi secara komprehensif mutu fisikokimia, mikrobiologi, organoleptik, dan efektivitas antidiabetes secara in vivo, sehingga memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang potensi produk. Ketiga, penelitian ini menggunakan pendekatan enkapsulasi dengan spray drying untuk memperbaiki karakteristik organoleptik ekstrak, yang merupakan inovasi dalam pengembangan yoghurt fungsional antidiabetes. Berdasarkan kajian tersebut, belum ditemukan penelitian yang mengombinasikan ekstrak daun stevia (Stevia rebaudiana) dan pakis sayur (Diplazium esculentum) sebagai bahan tambahan dalam yoghurt.

Berdasarkan kajian tersebut, belum ditemukan penelitian yang mengombinasikan ekstrak daun stevia (Stevia rebaudiana) dan pakis sayur (Diplazium esculentum) sebagai bahan tambahan dalam yoghurt. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan formulasi yoghurt dengan kombinasi kedua ekstrak tersebut sebagai minuman fungsional yang berpotensi digunakan bagi penderita DM tipe II. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi kombinasi ekstrak stevia dan pakis sayur dalam yoghurt, menganalisis kualitas produk berdasarkan karakteristik organoleptik, fisikokimia, dan mikrobiologi, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam menurunkan kadar glukosa darah secara in vivo. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan formulasi yoghurt yang memiliki kualitas baik, rendah gula, dan berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional untuk membantu pengendalian diabetes melitus tipe II. Manfaat penelitian ini secara teoretis adalah memperkaya literatur tentang pengembangan pangan fungsional berbasis bahan alami, sedangkan secara praktis dapat menjadi dasar bagi pengembangan produk komersial yang bermanfaat bagi kesehatan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari–Juli 2026 menggunakan susu sapi, daun stevia (Stevia rebaudiana), dan daun pakis sayur (Diplazium esculentum) sebagai bahan penelitian. Daun stevia dan pakis sayur dibersihkan, dikeringkan, dihaluskan, kemudian diekstraksi dengan metode maserasi. Ekstrak stevia menggunakan etanol 70% selama 2 × 7 jam, diuapkan

pada suhu 45°C, dan dipurifikasi dengan butanol, sedangkan ekstrak pakis sayur menggunakan etanol 98% selama 3 × 24 jam dan diuapkan pada suhu 62°C. Yoghurt dibuat dari susu sapi dengan penambahan 2% susu bubuk skim, dipanaskan pada suhu 70–80°C selama 30 menit, didinginkan hingga 40°C, kemudian ditambahkan starter yoghurt 5% dan difermentasi selama 4–6 jam hingga mencapai pH sekitar 4,5. Setelah fermentasi, ekstrak stevia dan pakis sayur ditambahkan sesuai formulasi F1–F7 dan yoghurt disimpan pada suhu 5°C. Pengujian mutu meliputi viskositas, organoleptik, kadar lemak, total padatan susu bukan lemak, protein, abu, keasaman, cemaran logam berat, cemaran mikroba (coliform, Salmonella, dan Listeria monocytogenes), serta jumlah bakteri starter. Uji organoleptik dilakukan oleh 30 panelis tidak terlatih menggunakan skala hedonik 1–5, sedangkan cemaran logam dianalisis menggunakan atomic absorption spectrophotometry (AAS).

Uji aktivitas antidiabetes dilakukan secara in vivo menggunakan mencit jantan berusia 2–3 bulan dengan berat 20–30 g yang diaklimatisasi selama 3–14 hari dan diinduksi aloksan dengan dosis 90 mg/kgBB. Mencit dibagi menjadi tujuh kelompok, masing-masing terdiri atas tiga ekor, kemudian diberikan perlakuan yoghurt secara oral sesuai kelompok. Kadar glukosa darah diukur secara berkala hingga hari ke-14 menggunakan glukometer dengan parameter utama berupa perubahan kadar glukosa darah setelah pemberian formulasi yoghurt. Data aktivitas antidiabetes dianalisis menggunakan One-Way ANOVA dan dilanjutkan dengan uji post hoc Duncan, sedangkan data organoleptik dianalisis menggunakan uji Kruskal-Wallis dan dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney U apabila terdapat perbedaan yang signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Determinasi Sampel

Hasil determinasi dapat dilihat pada lampiran 2 dan 3, yang dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Sukabumi menunjukkan bahwa sampel daun stevia yang diperoleh dari daerah Cipanas, Kabupaten Cianjur. Merupakan tumbuhan dari famili Asteraceae dengan genus Stevia dan spesies Stevia rebaudiana Bertoni. Daun pakis sayur yang berasal dari daerah Pondok Halimun, Jalan Salabintana, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Tumbuhan dari famili Polypodiaceae dengan genus Diplazium dan spesies Diplazium esculentum Swartz.

Ekstraksi Sampel

Ekstraksi sampel daun stevia dan pakis sayur dilakukan menggunakan maserasi. Maserasi merupakan metode sederhana yang banyak digunakan, metode ini dipilih karena dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil, namun di sisi lain, metode maserasi memiliki kerugian seperti membutuhkan pelarut banyak, dan beberapa senyawa sulit terekstrak dalam suhu ruang (Mukhriani 2014). Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi stevia yaitu etanol 70% dan untuk ekstraksi pakis sayur etanol 98%. Pemilihan pelarut dalam penelitian ini didasarkan pada ramah lingkungan, aman untuk kesehatan manusia. Pelarut etanol memiliki polaritas (5.2) lebih tinggi dibandingkan butanol (4.0) sehingga menghasilkan steviosida lebih banyak (Widodo 2015). Selain itu, etanol tidak toksik dibandingkan aseton dan metanol, biaya murah dan dapat digunakan dalam berbagai metode ekstraksi serta hasil ekstrak yang aman untuk dijadikan obat-obatan dan makanan (Hakim 2020).

Pemilihan pelarut sangat penting dalam proses ekstraksi pada suatu tumbuhan, karena karakteristik pelarut dapet memengaruhi proses pengambilan senyawa target dari tumbuhan. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi hasil ekstraksi ialah pelarut. Setiap pelarut memilki tingkat kepolaran yang berbeda. Pelarut air lebih polar dibanding metanol, dan metanol lebih polar dibanding etanol, pemilihan pelarut disesuaikan dengan sifat senyawa yang menjadi target ekstraksi (Sulistiawanti dkk. 2025).

Dalam proses evaporasi, suhu dipertahankan pada suhu 45oC untuk stevia dan 62oC untuk pakis sayur, yang bertujuan mencegah kerusakan senyawa. Proses evaporasi menggunakan vakum rotary evaporator yang menguapkan pelarut. Perbedaan hasil rendemen dengan berbagai metode dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rendemen Ekstrak Daun Stevia

No	Metode	Pelarut	Kondisi ekstraksi	Rendemen	Referensi
1	Maserasi	Etanol 70%	Rasio bahan baku:pelarut (1:4), 2 x 7 jam, suhu ruang,	13.76%	Penulis
2	Maserasi	Etanol 96%	Rasio bahan baku:pelarut (1:10) selama 1 x 18 jam dan dilanjutkan (1:5) 6 jam sekali diaduk	31.62%	Fadma sari 2021
3	Maserasi	Etanol 70%	Rasio bahan baku:pelarut (1:10) selama 1 x 24 jam, suhu ruang, 8 jam sekali diaduk	37.90%	Putra 2024
4	Dinamic maserasi	Air	Suhu 75^{o}C, 3 jam	18.6%	Komala 2025

Berdasarkan Tabel 1, terdapat perbedaan hasil rendemen yang dapat disebabkan oleh perbedaan metode, jenis pelarut, rasio bahan baku terhadap pelarut, suhu, waktu ekstraksi, ukuran partikel dan intensitas pengadukan. Penggunaan rasio bahan terhadap pelarut yang lebih besar dapat meningkatkan kontak antara bahan dan pelarut sehingga meningkatkan rendemen. Didukung oleh Zhang (2018) rendemen ekstrak dipengaruhi berbagai faktor, yaitu jenis pelarut, rasio pelarut dan lama ekstraksi. Peningkatan rasio pelarut terhadap bahan akan meningkatkan rendemen karena memperbesar perpindahan senyawa ke dalam pelarut dan lama ekstraksi meningkatkan efisiensi hingga tercapa kesetimbangan. Selain itu, peningkatan suhu merupakah salah satu faktor yang dapat memengaruhi efektivitas proses ekstraksi. Peningkatan suhu pada umumnya dapat meningkatkan kelarutan senyawa, mempercepat proses difusi dan perpindahan matriks tanaman ke dalam pelarut. Hal ini sejalan dengan penelitian Komala et al. (2025) menunjukkan bahwa pada ekstraksi daun stevia menggunakan metode maserasi dinamis dengan air, peningkatan suhu dari 25oC menjadi 75oC selama 3 jam meningkatkan rendemen dari 14.2% menjadi 18.6%.

Kenaikan suhu dapat mempengaruhi solubilitas zat terlarut sehingga laju ekstraksi akan meningkat dan senyawa target lebih banyak didapatkan, faktor lain yang dapat meningkatkan solubilitas pelarut ialah jenis pelarut, pelarut yang mendekati polaritas zat akan melarutkan lebih banyak senyawa target. Dalam hal ini senyawa target ialah steviol glikosida merupakan senyawa polar karena memiliki gugus hidroksil (OH) dan gugus glikosida. Oleh karena itu, pemilihan jenis pelarut salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan ekstraksi. Etanol mempunyai polaritas yang lebih sesuai dibandingkan metanol dan air karena memiliki sifat polar dan mampu berinteraksi dengan senyawa polar melalui pembentukan ikatan hidrogen. Interaksi tersebut dapat meningkatkan kelarutan senyawa target di dalam pelarut

sehingga proses perpindahan senyawa dari daun stevia ke dalam pelarut lebih efektif (Dewi dkk. 2024). Hasil rendemen ekstrak daun pakis sayur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rendemen Ekstrak Daun Pakis Sayur

No	Metode	Pelarut	Kondisi Ekstraksi	Rendemen	Referensi
1	Maserasi	98%	Maserasi 3 x 24 jam	10.39%	Penulis
2	Maserasi	98%	Maserasi 3 x 24 jam	6.7%	Iljannah 2025
3	Maserasi	Etanol 96%	Maserasi 3 x 24 jam (diaduk 4 – 5 kali sehari)	7.81%	Pratama 2024
4	Ekstraksi dengan pelarut bertingkat	Heksana, diklorometana, etanol	-	Heksana: 10.1%, diklorometana: 11.8%, etanol: 22.2%	Kunkeaw 2021
5	Soxhletasi	Etanol 50%	Rasio bahan: pelarut 1:10, suhu 55-60ºC, 72 jam	12%	Manna *et.al.* 2023

Berdasarkan pada Tabel 2, perbedaan rendemen dapat disebabkan oleh perbedaan metode ekstraksi, jenis dan konsentrasi pelarut, polaritas pelarut, suhu dan lama ekstraksi. Penggunaan etanol dengan konsentrasi tinggi pada metode maserasi tidak selalu menghasilkan rendemen yang tinggi. Perbedaan rendemen disebabkan oleh konsentrasi etanol, rasio bahan terhadap pelarut, frekuensi pengadukan, ukuran partikel simplisia. Hal ini didukung oleh penelitian Abanit (2025) ukuran partikel dan rendemen berpengaruh terhadap hasil skrining fitokimia ekstrak metanol daun belimbing wuluh, semakin besar ukuran partikel, maka hasil rendemen semakin besar persentase rendemen ekstrak. Menurut penelitian Ojong (2026) faktor lain yang dapat memengaruhi hasil ekstraksi seperti perbedaan struktur tanaman, tahap pertumbuhan, letak geografis tanaman, dan kondisi pasca panen. Oleh karena itu, perbedaan rendemen antara penelitian kemungkinan merupakan hasil interaksi berbagai faktor proses.

Formulasi Yoghurt Antidiabetes

Proses pembuatan yoghurt dengan memakai bahan baku susu sapi kemudian memanaskan pada suhu 80 – 90oC sambil diaduk selama 30 menit. Pasteurisasi bertujuan untuk membunuh bakteri patogen seperti Salmonella dan Listeria. Perlakuan ini bertujuan tidak hanya menjamin keamanan mikrobiologis, tetapi juga untuk mendenaturasi protein whey sehingga meningkatkan viskositas, dan menurunkan sineresis pada yoghurt (Arab 2023).

Susu bubuk skim bertujuan untuk meningkatkan total padatan yang berperan penting dalam memperbaiki karakteristik fisik yoghurt karena meningkatkan kandungan protein, terutama kasein, yang akan membentuk jaringan gel selama proses fermentasi. Struktur gel kuat mampu meningkatkan viskositas, meningkatkan nilai gizi, mengoptimalkan kerja bakteri starter karena mendapatkan tambahan laktosa serta mengurangi terjadinya sineresis. Menurut Arifani dkk. (2019) melaporkan bahwa penambahan susu bubuk skim pada yoghurt buah naga merah memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan viskositas yoghurt. Semakin tinggi konsentrasi susu bubuk skim, maka semakin tinggi pula viskositas yang dihasilkan. Perbandingan penggunaan susu bubuk skim pada penelitian lain dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Konsentrasi Susu Bubuk Skim

No	Konsentrasi	Hasil	Referensi
1	2%	Variasi penambahan susu bubuk skim sebanyak 2% dan 4% dapat memengaruhi total padatan dan pH yoghurt	Perwita Sari 2024

2	4%	Menghasilkan yoghurt dengan mutu fisika kimia dan sensoris yang baik	Kanake *et al.* 2009
3	5% dan 7%	Kadar gula total tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan kadar gula total 5%: 30.06% Kadar gula total 7%: 31.86%	Ansabila 2024

Berdasarkan penelitian di atas, penambahan susu bubuk skim merupakan salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas yoghurt. penggunaan susu bubuk sebanyak 2% pada penelitian ini diharapkan menghasilkan karakteristik produk yang baik dan dapat diterima oleh panelis, serta tetap memiliki nilai kalori yang relatif rendah sehingga sesuai untuk pengembangan yoghurt rendah gula sebagai minuman fungsional bagi penderita diabetes melitus tipe II.

Susu sapi yang telah dipanaskan pada suhu 80 – 90oC selama 30 menit, kemudian didiamkan sampai suhu 42 – 45oC merupakan suhu optimal pertumbuhan bakteri starter. Pada suhu tersebut, aktivitas ke dua bakteri berlangsung optimal sehingga fermentasi dapat berjalan dengan baik, menghasilkan penurunan pH, pembentukan asam laktat, serta pembentukan tekstur yoghurt. Apabila starter ditambahkan pada suhu di atas suhu kisaran tersebut, viabiliatas bakteri dapat menurun bahkan mengalami kematian, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat fermentasi dan menyebabkan pembentukan tekstur yang kurang (Sumeru 2024).

Konsentrasi starter merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses fermentasi yoghurt. Jumlah starter yang ditambahkan akan memengaruhi laju pertumbuhan bakteri asam laktat dan karakteristik fisik dan sensori yoghurt. Berbagai penelitian menggunakan konsentrasi yang berbeda yang disesuaikan dengan tujuan formulasi. Penggunaan konsentrasi pada penelitian dahulu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Konsentrasi Starter Bakteri

No	Konsentrasi	Hasil	Referensi
1	2 – 3%	Tekstur yoghurt yang baik	Tamime dan Robinson 2007
2	5%	Starter 5% memberikan hasil terbaik berdasarkan jumlah bakteri asam laktat, pH dan total asam	Pratama 2020
3	5%	Karakteristik fisik dan sensoris yoghurt yang baik	Perwita sari 2024

Berdasarkan penelitian Pratama dkk. (2020) menunjukkan bahwa starter sebanyak 5% menghasilkan jumlah bakteri asam laktat, pH, dan total asam tertitrasi yang paling baik. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan starter sebesar 5%. Selain mengacu pada Pratama dkk. (2020), penggunaan starter 5% juga dipertimbangkan berdasarkan formulasi yoghurt yang dikembangkan. Pada formulasi penelitian ini menggunakan ekstrak daun stevia dan pakis sayur yang diketahui mengandung senyawa bioaktif yang dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba. Dengan demikian, penggunaan starter dalam jumlah yang cukup diharapkan bakteri asam laktat tetap mendominasi proses fermentasi. Hal tersebut didukung dengan proses fermentasi mencapa pH 4.23 dalam waktu 5 jam.

Fermentasi merupakan proses perubahan kimia melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme, suhu dan lama fermentasi merupakan faktor penentu. Waktu fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan fisik yoghurt seperti terjadinya sineresis. Oleh karena itu, beberapa penelitian menerapkan kondisi fermentasi yang berbeda sesuai dengan

karakteristik produk yang diharapkan. Perbedaan metode fermentasi meliputi, suhu, waktu fermentasi, serta target pH yang digunakan sebagai indikator penghentian proses fermentasi. Ringkasan perbedaan fermentasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan Waktu Fermentasi

No	Suhu	Waktu fermentasi	Hasil	Referensi
1	42°C	5 Jam	pH: 4.23	Penulis
2	40 – 45°C	10 Jam	pH: 4.05	Tirta dan Fadhlurrohman 2025
3	39°C	16 Jam	Total asam: 0.85%	Yannuarista 2024
4	25 – 30°C	24 Jam	pH: 4.0	Rahmiati dkk. 2025
5	45°C	4 Jam	pH: 4.54	Putri 2024

Berdasarkan uraian tersebut, monitoring pH selama proses fermentasi menjadi tahapan yang penting untuk menentukan tiitk akhir fermentasi yoghurt. penurunan pH mencerminkan aktivitas bakteri asam laktat, semakin banyak asam laktat yang dihasilkan semakin rendah nilai pH hingga mendekati titik isoelektrik kasein (pH ± 4.6), yang menyebabkan protein kasein mengalami koagulasi dan membentuk gel khas yoghurt. Hasil monitoring pH pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Monitoring pH Yoghurt Selama Proses Fermentasi

Monitoring	Jam ke 0	Jam ke 4	Jam ke 5
pH	6.53	4.41	4.23

Penurunan pH yang drastis pada jam ke-4, menunjukkan bahwa bakteri starter telah memasuki fase pertumbuhan dan menghasilkan asam laktat dalam jumlah yang cukup untuk menurunkan pH mendekati titik isoelektrik kasein. Pada jam ke 5, proses fermentasi dihentikan karena pH telah berada dalam kisaran persyaratan mutu yoghurt SNI 2981:2009 yaitu pH 3.8 – 4.6. Apabila fermentasi dilanjutkan, pH diperkirakan akan terus menurun sehingga berpotensi menyebabkan over-fermentasi, meningkatkan keasaman, memperbesar sineresis dan menurunkan kualitas yoghurt. Hal ini sejalan dengan penelitian Rohman dan Maharani (2020) sineresis diakibatkan pemisahan whey dari koagulan yoghurt karena penurunan kelarutan dan pengerutan partikel kasein yang terjadi pada pH yang lebih rendah.

Uji Kualitas Mutu Yoghurt Antidiabetes

1. Uji Viskositas

Tabel 7. Hasil Uji Viskositas Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Viskositas (cP)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	3.120	-
F3 (Stevia 0.03%)	3.400	
F4 (Pakis 0.75%)	3.360	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.600	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	3.900	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	4.200	

Berdasarkan Tabel 7, nilai viskositas berkisar antara 3.120 – 4.200 cP. Formulasi F1 memiliki viskositas terendah yaitu 3.120 cP sedangkan F7 memiliki viskositas tertinggi yaitu 4.200 cP. Nilai viskositas pada masing-masing formulasi lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak stevia dan pakis sayur memberikan pengaruh

terhadap kekentalan yoghurt. Peningkatan viskositas disebabkan oleh bertambahan total padatan dari ekstrak stevia dan pakis sayur. Semakin tinggi total padatan, semakin rapat jaringan gel yang terbentuk selama proses fermentasi sehingga kemampuan yoghurt dalam mengikat air meningkat. Tidak terdapat persyaratan khusus mengenai nilai viskositas dalam SNI 2981:2009. Menurut penelitian Rohman dan Maharani (2020) terdapat kisaran nilai viskositas yoghurt berdasarkan jenisnya, drink yoghurt 1 – 1.500 cP, stirred yoghurt 1.500cp – 3.500 cP, dan Set yoghurt mempunyai kisaran nilai viskositas > 3.500 cP. rentang nilai viskositas yoghurt dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang umum.

2. Uji Organoleptik

Pengujian organoleptik merupakan penilaian subjektif yang menggunakan panca indra untuk menilai kualitas suatu produk sebelum dipasarkan. Pengujian organoleptik sangat penting untuk menentukan dapat diterima atau tidaknya suatu produk. Jika suatu produk tidak dapat diterima oleh panelis, maka nilai gizi yang terkandung dalam produk tidak dapat dimanfaatkan karena tidak ada yang mengonsumsi. Dalam penelitian ini digunakan metode hedonik skala 1 - 5 dengan 30 orang panelis tidak terlatih yang menilai 6 sampel yoghurt yaitu F1 (kontrol negatif), F3 (Stevia 0.03%), F4 (Pakis sayur 0.75%), F5 (Stevia 0.01% + Pakis sayur 0.25%), F6 (Stevia 0.02% + Pakis sayur 0.50%), dan F7 (Stevia 0.03% + Pakis sayur 0.75%). Berdasarkan uji prasyarat, sebaran data hedonik tidak berdistribusi normal, sehingga pengujian dilakukan menggunakan statistika nonparametrik Kruskal-Wallis H untuk melihat perbedaan perlakuan, dan dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney U untuk melihat perbedaan antar pasangan.

a. Penampakan

Penampakan merupakan gabungan fisik pangan seperti kerenyahan, kelembutan dan kekentalan yang dapat diindra oleh sentuhan dan penglihatan (Diah dan Taufiq 2022). Kualitas tekstur yoghurt terbentuk oleh agregasi misel kasein oleh asam yang membuat tekstur menjadi gel yang kuat dan halus. Pengujian ini bertujuan untuk melihat tingkat penerimaan panelis terhadap penampakan fisik kekentalan yoghurt setelah ditambahkan ekstrak. Hasil uji hedonik penampakan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Hedonik Penampakan Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Skor Kesukaan	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	5.00	Cairan kental – padat
F3 (Stevia 0.03%)	5.00	
F4 (Pakis 0.75%)	3.13	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.87	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	3.30	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	2.97	
Note: skala 1 (sangat tidak suka) – skala 5 (sangat suka)		

Berdasarkan Tabel 8, rata-rata pengujian hedonik menunjukkan bahwa penampakan yoghurt pada formulasi F1 dan F3 sangat disukai dengan skor (5.00). Sebaliknya, penambahan ekstrak pakis sayur memberikan penurunan tingkat kesukaan terhadap penampakan yoghurt. Formulasi F4 hingga F7 memperoleh kategori netral hingga disukai. Penurunan tingkat kesukaan disebabkan oleh perubahan visual setelah penambahan ekstrak daun pakis sayur. Esktak daun pakis sayur mengandung klorofil yang memberikan warna hijau pada yoghurt.

Selain itu, keberadaan padatan dari ekstrak menyebabkan penampakan yoghurt tampak tidak homogen, sehingga mengurangi daya tarik.

Penelitian Handayani (2021) menyebutkan bahwa penampakan merupakan atribut sensoris yang memengaruhi penerimaan awal terhadap suatu produk pangan. Meskipun demikian, seluruh formulasi memiliki karakteristik fisik yang sesuai dengan SNI Yoghurt 2981:2009, yaitu berbentuk cairan kental hingga padat. Hal ini menunjukkan penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur tidak mengubah bentuk dasar yoghurt. namun lebih memengaruhi aspek estetika yoghurt.

b. Bau

Bau merupakan komponen senyawa volatil yang diterima oleh indra penciuman. Aroma merupakan atribut krusial yang menentukan tingkat penerimaan konsumen, terutama pada penambahan bahan herbal yang kerap memicu aroma langu (off-flavor). Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi batas toleransi panelis terhadap aroma campuran stevia dan pakis. Hasil uji hedonik bau yoghurt yang tersaji pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Hedonik Bau Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Skor Kesukaan	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol Negatif)	5.00	Normal / khas
F3 (Stevia 0.03%)	4.60	
F4 (Pakis 0.75%)	2.20	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.13	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	2.63	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	2.10	

Note: skala 1 (sangat tidak suka) – skala 5 (sangat suka)

Berdasarkan Tabel 9, tingkat kesukaan terhadap aroma menunjukkan cenderung menurun seiring dengan meningkatknya konsentrasi ekstrak daun pakis sayur. Formulasi F1 (5.00) dan F3 (4.60) berada pada kategori sangat suka, sementara formulasi F4 hingga F7 jatuh pada rentang skor 2.20 – 2.20 yang berarti tidak disukai. Penurunan tingkat kesukaan disebabkan oleh munculnya aroma langu dari ekstrak daun pakis sayur, keberadaan senyawa volatil memberikan karakteristik aroma herbal pada yoghurt. semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin kuat aroma khas tersebut menjadikan aroma yoghurt kurang dominan.

Penurunan tingkat kesukaan panelis terhadap aroma dan rasa pada formulasi yang mengandung ekstrak daun pakis sayur diduga berkaitan dengan karakteristik alami daun pakis sayur. Penelitian Kartikasari et al. (2024) melaporkan bahwa daun pakis sayur memiliki senyawa volatil penyusun aroma serta kandungan polifenol yang dapat memberikan karakter pahit dan sepat, sehingga konsentrasi yang lebih tinggi dapat menjadi lebih dominan dalam produk pangan. selain itu, ekstrak daun stevia juga memiliki aroma khas sehingga memberikan kesan herbal pada produk pangan. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Harismah (2017) melaporkan bahwa penambahan stevia pada yoghurt dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap aroma dibandingkan yoghurt tanpa penambahan stevia. Sehingga pada penelitian ini kombinasi ekstrak daun stevia dan pakis sayur menutupi aroma khas yoghurt.

c. Rasa

Rasa merupakan tanggapan indra pengecap terhadap rangsangan saraf seperti rasa asin, asam, manis dan pahit yang dihasilkan dari suatu produk (Nur Fitriani 2018). Pengujian hedonik rasa bertujuan untuk mengetahui penerimaan panelis terhadap yoghurt antidiabetes.

Ekstrak daun stevia memberikan rasa manis yang khas, sedangkan ekstrak daun pakis sayur meberikan rasa pahit dan sepat. Oleh karena itu, keseimbangan rasa dari ekstrak daun stevia dan pakis sayur, serta rasa khas asam dari fermentasi yoghurt menjadi faktor yang menentukan tingkat penerimaan panelis. Hasil uji hedonik terhadap rasa dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Hedonik Rasa Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Skor Kesukaan	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol Negatif)	5.00	Normal / khas
F3 (Stevia 0.03%)	4.93	
F4 (Pakis 0.75%)	2.50	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.33	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	2.93	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	2.40	
Note: skala 1 (sangat tidak suka) – skala 5 (sangat suka)		

Berdasarkan Tabel 10, rasa formulasi F1 dan formulasi F3 mendominasi puncak tingkat kesukaan dengan skor kesukaan 5.00. Sebaliknya, kombinasi tertinggi pada F7 mencatatkan skor kesukaan terendah di angka 2.40. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak pakis sayur dalam yoghurt menurunkan tingkat penerimaan panelis. Penurunan tingkat kesukaan diduga disebabkan oleh senyawa fenolik dan polifenol yang terkandung dalam ekstrak daun pakis sayur yang dapat memberikan rasa pahit sehingga menutupi rasa manis dari stevia. Akibatnya, keseimbangan rasa yoghurt menjadi berkurang dan memengaruhi tingkat penerimaan panelis.

Hasil penelitian Pratama (2024) melaporkan bahwa ekstrak daun pakis sayur memiliki karakteristik sensori berupa aroma khas, rasa pahit, serta warna hijau. Karakteristik tersebut menyebabkan penambahan terhadap formulasi dapat memengaruhi mutu organoleptik yoghurt, terutama pada rasa. Pencampuran pakis sayur pada dosis yang digunakan dalam penelitian memicu aftertaste pahit dari residu senyawa aktif pakis yang serta merta menurunkan skor kesukaan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pratama (2024) ekstrak daun pakis sayur memiliki bau yang khas, rasa pahit dan berwarna hijau kecoklatan. Dan didukung penelitian oleh Setyarini (2022) menunjukkan penambahan gula dan stevia 1:2 merupakan formulasi yang tidak disukai oleh panelis.

d. Konsistensi

Konsistensi pangan merupakan kemampuan produk mempertahankan bentuknya. Konsistensi dipengaruhi oleh sifat mekanis bahan pangan, sehingga menjadi salah satu parameter dalam penilaian mutu penerimana konsumen terhadap suatu produk pangan (Szczesniak 1962). Pengujian ini, uji hedonik konsistensi bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap homogenitas yoghurt setelah penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Hedonik Konsistensi Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Skor Kesukaan	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	5.00	Homogen
F3 (Stevia 0.03%)	5.00	
F4 (Pakis 0.75%)	3.13	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.57	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	3.17	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	2.83	
Note: skala 1 (sangat tidak suka) – skala 5 (sangat suka)		

Berdasarkan Tabel 11, hasil uji hedonik bahwa formulasi F1 dan F3 memiliki skor kesukaan 5.00, sedangkan formulasi F7 memperoleh skor kesukaan 2.83. hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak daun stevia dan pakis sayur menurunkan tingkat penerimaan panelis terhadap konsistensi yoghurt. penurunan tingkat kesukaan disebabkan oleh penampakan fisik yoghurt setelah penambahan ekstrak stevia dan pakis sayur yang masih tampak pada yoghurt. meskipun semua formulasi tidak menunjukkan sineresis keberadaan partikel ekstrak menyebabkan permukaan yoghurt terlihat kurang halus sehingga memengaruhi penilaian panelis terhadap kualitas produk. Menurut Tamime dan Robinson (2007), yoghurt yang berkualitas memiliki karakteristik tekstur yang homogen, permukaan halus, serta bebas dari pemisahan whey yang berlebihan sehingga memberikan konsistensi yang baik.

Konsistensi yoghurt dipengaruhi oleh pembentukan jaringan gel kasein selama fermentasi. Penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur dapat meningkatkan total padatan dan viskositas, namun apabila ekstrak tidak terdispersi secara sempurna maka dapat mengurangi homogenitas. Hasil penelitian didukung oleh Pratama (2024) melaporkan bahwa ekstrak daun pakis sayur memiliki karakteristik warna hijau dan masih menyisakan komponen padatan berpotensi menyebabkan produk kurang homogen. Seluruh formulasi masih memenuhi kriteria SNI Yoghurt 2981:2009, yaitu memiliki konsistensi tanpa adanya sineresis.

Berdasarkan hasil uji organoleptik formulasi awal, penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur menyebabkan penurunan tingkat kesuakan panelis, terutama pada parameter aroma, rasa dan konsistensi. Penurunan tersebut disebabkan oleh aroma langu, after taste pahit, serta keberadaan partikel ekstrak yang memengaruhi penampilan dan tekstur yoghurt. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan formulasi atau perlakuan terhadap ekstrak untuk meningkatkan penerimaan sensoris tanpa mengurangi kandungan senyawa bioaktif.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperbaiki karakteristiks sensoris ekstrak tumbuhan adalah mikroenkapsulasi menggunakan metode spray drying. Teknik ini melapisis senyawa bioaktif dengan bahan penyalut seperti maltodekstrin sehingga aroma khas, rasa pahit, serta ketidakstabilan komponen dapat dikurangi (Gharsallaoui et al. 2007). Maltodekstrin dipilih karena memiliki kelarutan tinggi, tidak memberikan rasa yang kuat, serta efektif melindungi senyawa bioaktif selama proses pengeringan (Desai & Park 2005). Penggunaan maltodekstrin sebanyak 20% (b/b) pada proses spray drying menghasilkan serbuk ekstrak dengan karakteristik fisik yang lebih baik serta mampu memperbaiki muru organoleptik melalui penurunan intensitas aroma khas bahan baku (Muflihah 2015). Hasil uji organoleptik yoghurt yang menggunakan ekstrak hasil enkapsulasi disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji Penerimaan Yoghurt dengan Formulasi Enkapsulasi Ekstrak

Formulasi	Penampakan		Bau		Rasa		Konsistensi	
	E	En	E	En	E	En	E	En
F1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
F3	5.00	4.93	4.60	4.63	4.93	4.83	5.00	4.90
F4	3.13	4.30	2.20	3.97	2.50	4.13	3.13	4.47
F5	3.87	4.93	3.13	4.50	3.33	4.67	3.57	4.90
F6	3.30	4.57	2.63	4.30	2.93	4.37	3.17	4.63
F7	2.97	4.20	2.10	4.00	2.40	3.97	2.83	4.23

Note:
E : Esktrak

En : Enkapsulasi Ekstrak
skala 1 (sangat tidak suka) – skala 5 (sangat suka)

Berdasarkan Tabel 12, terlihat bahwa seluruh parameter organoleptik mengalami peningkatan dibandingkan formulasi sebelum enkapsulasi. Pada formulasi F7, skor penampakan meningkat dari 2.97 menjadi 4.20, aroma dari 2.10 menjadi 4.00, rasa dari 2.40 menjadi 3.97, dan konsistensi dari 2.83 menjadi 4.23. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa proses spray drying berhasil memperbaiki mutu sensoris yoghurt antidiabetes. Sehingga yoghurt dengan ekstrak daun stevia dan pakis sayur yand dienkapsulasi memenuhi SNI Yoghurt 2981:2009.

3. Kadar Lemak

Lemak merupakan senyawa trigliserida yang berfungsi sebagai sumber energi, pembawa vitamin larut lemak, dan penentu cita rasa serta struktur pangan (Ariani dkk. 2024). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah penambahan bahan baku herbal ekstrak stevia dan pakis memicu fluktuasi kadar lemak atau merusak struktur lipid pada emulsi sediaan yoghurt akhir jika dibandingkan dengan standar susu sapi. Hasil kadar lemak disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Uji Kadar Lemak Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Kadar Lemak (%)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	3.30	Min. 3.0
F3 (Stevia 0.03%)	3.30	
F4 (Pakis 0.75%)	3.30	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.30	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	3.30	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	3.30	

Berdasarkan Tabel 13, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh formulasi yoghurt antidiabetes memiliki kadar lemak yang sama, yaitu 3.30%. Nilai tersebut memenuhi persyaratan SNI 2981:2009 yang menetapkan kadar lemak minimal 3.00%. Hasil kadar lemak pada seluruh formulasi menunjukkan bahwa penambahan ekstrak stevia dan pakis sayur tidak memengaruhi kandungan lemak yoghurt.

Penelitian Tamime dan Robinson (2007) menyebutkan bahwa kadar lemak yoghurt ditentukan oleh kandungan lemak susu yang digunakan sebagai bahan baku, sedangkan proses fermentasi bakteri asam laktat tidak menyebabkan perubahan terhadap kadar lemak yoghurt. selama fermentasi, bakteri asam laktat lebih banyak manfaatkan laktosa, sehingga komponen lemak tetap. Hasil penelitian Ranadheera et al. (2012) melaporkan bahwa penambahan ekstrak tumbuhan pada yoghurt umumnya tidak memberikan pengaruh terhadap kadar lemak produk, karena ekstrak tanaman memiliki kandungan lipid yang rendah.

4. Total Padatan Susu Bukan Lemak

Total padatan susu bukan lemak merupakan komponen padat residu selain air dan lemak, yang mencakup protein, laktosa, dan mineral (BPOM 2019). Total padatan sangat penting untuk menghasilkan tekstur kental dan mencegah pemisahan air (sineresis). Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kontribusi zat terlarut dari ekstrak tanaman ke dalam kepadatan struktural emulsi yoghurt. Hasil uji total padatan tercantum dalam Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji Total Padatan Susu bukan Lemak Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Kadar Total Padatan (%)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	11.14	Min. 8.2
F3 (Stevia 0.03%)	11.39	
F4 (Pakis 0.75%)	11.15	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	11.45	

F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	11.74
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	11.99

Berdasarkan Tabel 14, hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar total padatan susu bukan lemak pada seluruh formulasi yoghurt berada pada kisaran 11.14 – 11.99%. seluruh formulasi telah memenuhi persyaratan SNI 2981:2009, yaitu minimal 8.2%. Peningkatan total padatan diduga dihasilkan dari penambahan komponen padat dari ekstrak daun stevia dan pakis sayur yang memberikan pengaruh terhadap karakteristik yoghurt. Total padatan memperkuat gel protein membuat yoghurt lebih stabil dan mengurangi kemungkinan terjadinya sineresis. Menurut Radang et al. (2021) melaporkan bahwa peningkatan total padatan berhubungan dengan terbentuknya tekstur yang lebih stabil dan berpotensi menurunkan terjadinya sineresis.

5. Kadar Protein

Protein dalam yoghurt terutama terdiri dari fraksi kasein dan whey yang telah mengalami denaturasi akibat proses pasteurisasi dan asidifikasi oleh asam laktat. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan akhir tidak mengalami denaturasi protein berlebih dan masih mematuhi syarat minimal protein yoghurt SNI 2981:2009 (minimal 2.7%). Hasil pengujian kadar protein yoghurt dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Kadar Protein Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Kadar Protein (%)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	3.52	Min. 2.7
F3 (Stevia 0.03%)	3.53	
F4 (Pakis 0.75%)	3.55	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	3.56	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	3.58	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	3.63	

Berdasarkan Tabel 15, hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar protein yoghurt pada kisaran 3.52 – 3.63%. seluruh formulasi telah memenuhi persyaratan SNI 2981:2009, yaitu memiliki kadar protein minimal 2.7%. Peningkatan protein berkaitan dengan adanya kontribusi komponen dari ekstrak daun stevia dan pakis sayur. Meskipun ke dua ekstrak tersebut bukan merupakan sumber protein utama, keduanya masih mengandung protein dalam jumlah kecil. Hasil penelitian ini sejalan dengan Hashim et al. (2021) melaporkan bahwa penambahan bahan pangan nabati pada yoghurt meningkatkan kandungan protein dan total padatan apabila bahan yang ditambahkan mengandung protein dalam jumlah tertentu. Selain itu, Arab et al. (2023) menunjukkan bahwa protein merupakan salah satu parameter dalam penilaian mutu yoghurt yang berkaitan dengan nilai gizi dan karakteristik produk, Protein susu berfungsi sebagai penyusun utama struktur gel yoghurt sehingga akan memengaruhi kekentalan, tekstur, dan kemampuan produk mempertahankan air selama penyimpanan.

6. Kadar Abu

Kadar abu mencerminkan persentase residu mineral anorganik murni yang tersisa setelah seluruh komponen organik (air, lemak, karbohidrat, dan protein) terbakar pada suhu tinggi (pengabuan). Pengukuran ini krusial untuk mengevaluasi konsentrasi kandungan mineral makro dan mikro, seperti kalsium dari susu maupun zat besi alami dari komposit sayuran. Hasil uji kadar abu dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Kadar Abu Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Kadar abu (%)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	0.66	Maks. 1.0
F3 (Stevia 0.03%)	0.85	
F4 (Pakis 0.75%)	0.74	

F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	0.93
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	0.95
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	0.99

Berdasarkan Tabel 16, hasil pengujian kadar abu yoghurt berada pada kisaran 0.66 - .0.99%. seluruh formulasi memenuhi persyaratan SNI 2981:2009, memiliki batas maksimal 1.0. peningkatan kadar abu disebabkan oleh bertambahnya kandungan mineral berasal dari ekstrak daun stevia dan pakis sayur. Kadar abu merupakan indikator jumlah total mineral yang tertinggal seteleh pembakaran. Hasil penelitian Harismah (2017) melaporkan bahwa daun stevia mengandung berbagai mineral serta senyawa bioaktif berpotensi meningkatkan nilai gizi produk pangan. Kemudian penelitian dari Pratama (2024) menunjukkan daun pakis sayur kaya akan mineral dan senyawa bioaktif sehingga berpotensi meningkatkan kandungan mineral pada produk pangan. Mineral merupakan mikronutrien yang berperan dalam berbagai proses biokimia dalam tubuh, termasuk metabolisme, fungsi enzim, keseimbangan cairan dan elektrolit (Mardini 2025).

7. Keasaman

Derajat keasaman total pada yoghurt (dihitung sebagai persentase asam laktat) merupakan indikator penentu kualitas jalannya proses fermentasi bakteri asam laktat (BAL). Pengujian keasaman ditujukan untuk mendeteksi apakah penambahan ekstrak yang kaya akan senyawa bersifat antibakteri dan menghambat kinerja kultur starter. Hasil uji total keasaman disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Uji Keasaman Yoghurt Antidiabetes

Formulasi	Total keasaman (%)	SNI Yoghurt 2009
F1 (Kontrol negatif)	0.87	0.5 – 2.0%
F3 (Stevia 0.03%)	0.78	
F4 (Pakis 0.75%)	0.85	
F5 (Stevia 0.01% + Pakis 0.25%)	0.88	
F6 (Stevia 0.02% + Pakis 0.50%)	0.87	
F7 (Stevia 0.03% + Pakis 0.75%)	0.75	

Berdasarkan Tabel 17, hasil pengujian total keasaman pada rentang 0.78 – 0.95%. seluruh formulasi memenuhi persyaratan SNI 2981:2009, dengan batas keasaman 0.5 – 2.0%. Total keasaman yoghurt dipengaruhi oleh aktivitas bakteri asam laktat dalam mengubah laktosa menjadi asam laktat selama fermentasi. Akumulasi asam laktat menyebabkan penurunan pH hingga mendekati titik isoelektrik (pH 4.6), sehingga terbentuk struktur gel yang menjadi ciri khas yoghurt. Hasil penelitian Meilun an et al. (2009) menyatakan bahwa total keasaman merupakan salah satu indikator keberhasilan fermentasi yoghurt. Nilai total keasaman menunjukkan keseimbangan antara aktivitas bakteri starter dan pembentukan asam laktat sehingga menghasilkan yoghurt sesuai dengan persyaratan mutu.

8. Cemaran Logam

Pengujian logam berat adalah standar bio-keamanan krusial (uji keamanan pangan) untuk memastikan bahan baku mentah (ekstrak daun pakis liar maupun susu) tidak terpapar senyawa toksik dari pencemaran lingkungan. Logam berat yang diujikan mencakup Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Timah (Sn), Raksa (Hg), dan Arsen (As) sesuai ketetapan regulasi Badan POM. Hasil uji cemaran logam berat tersaji pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Uji Cemaran Logam Berat Yoghurt Antidiabetes

Parameter Logam (mg/Kg)	F1	F3	F4	F5	F6	F7	SNI Yoghurt 2009
Timbal (Pb)	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	Maks. 0.3

Tembaga (Cu)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	Maks. 20.0
Timah (Sn)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Maks. 40.0
Raksa (Hg)	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	Maks. 0.03
Arsen (As)	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	Maks. 0.1

Analisis cemaran logam berat menunjukkan bahwa seluruh formulasi yoghurt memiliki kadar timbal (Pb), tembaga (Cu), timah (Sn), Raksa (Hg), dan Arsen (Ag). Yang berada di bawah persyaratan SNI 2981:2009. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur tidak memberikan kontribusi terhadap peningkatan cemaran logam berat. Rendahnya kadar logam berat dipengaruhi oleh kualitas bahan baku yang digunakan serta penerapan proses pengolahan yang baik. Kontaminasi logam berat pada pangan umumnya berasal dari tanah, air, pupuk, lingkungan, maupun peralatan yang dipakai pada saat proses pengolahan. Menurut Hernandez-Montoya (2026) melaporkan bahwa pengujian cemaran logam berat merupakan salah satu parameter dalam evaluasi keamanan pangan karena berkaitan langsung dengan perlindungan kesehatan konsumen. BPOM RI (2019) menegaskan bahwa keberadaan logam berat dalam pangan perlu dikendalikan karena akumulasi logam seperti timbal, raksa, dan arsen dalam jangka panjang dapat memberikan dampak terhadap kesehatan manusia.

9. Cemaran Mikroba

Analisis Cemaran mikroba dilakukan untuk mengetahui keamanan yoghurt antidiabetes terhadap keberadaan mikroorganisme patogen serta jumlah bakteri starter yang tercantum pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil Uji Cemaran Mikroba Yoghurt Antidiabetes

Cemaran Mikroba (Koloni/g)	F1	F3	F4	F5	F6	F7	SNI Yoghurt 2009
Coliform	0	0	0	0	0	0	Maks. 10
Salmonella	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Listeria m.	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Koloni Starter	2.4×10^6	3.4×10^5	2.0×10^5	2.8×10^6	2.3×10^5	3.3×10^4	Min. 10^7

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh formulasi tidak terdeteksi mengandung coliform, salmonella, maupun listeria. Sehingga seluruh formulasi memenuhi persyaratan SNI 2981:2009. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa proses pasteurisasi susu, penanganan bahan baku, serta proses fermentasi dilakukan dengan memperhatikan prinsip hiegene dan sanitasi sehingga mampu mencegah terjadinya kontaminasi mikroba patogen. Menurut Tamime dan Robinson (2007) proses pasteurisasi sebelum fermentasi bertujuan mengurangi jumlah mikroorganisme kontaminan, sehingga kultur starter dapat tumbuh secara optimal.

Berbeda dengan parameter cemaran mikroba patogen, hasil perhitungan jumlah koloni bakteri menunjukkan bahwa seluruh formulasi memiliki viabilitas berkisar antara 3.3 x 104 hingga 2.8 x 106 CFU/mL. Jumlah tersebut berada di bawah persyaratan mutu SNI 2981:2009, yaitu 1 x 107 CFU/mL. Rendahnya jumlah bakteri starter dipengaruhi beberapa faktor, seperti viabilitas kultur awal, kondisi fermentasi dan adanya pengaruh senyawa yang terkandung dalam ekstrak daun stevia dan pakis sayur. Interaksi senyawa fenolik dengan bakteri asam laktat dapat memberikan respons yang berbeda-beda tergantung pada jenis senyawa, konsentrasi, dan spesies bakteri yang digunakan (Rodriguez 2009).

Uji Aktivitas Antidiabetes Yoghurt

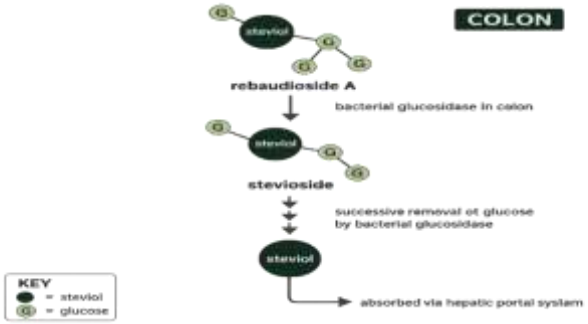
Hasil pengujian in vivo pada mencit yang telah diinduksi aloksan menunjukkan bahwa yoghurt dengan penambahan ekstrak daun stevia dan pakis sayur memberikan persentase

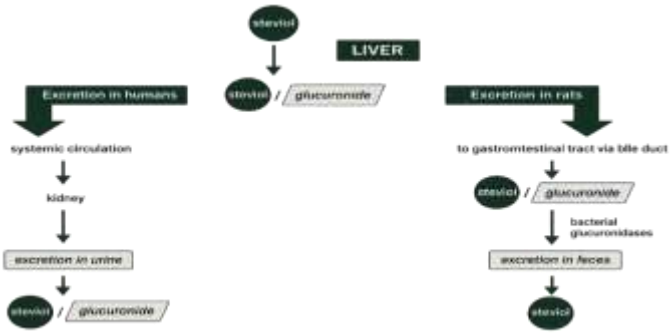
penurunan kadar glukosa darah yang berbeda antar kelompok perlakuan. Kelompok F1 (kontrol negatif) menunjukkan rata-rata penurunan sebesar 2,36%, F3 (stevia 0,03%) sebesar 5,65%, F5 (stevia 0,01% + pakis sayur 0,25%) sebesar 16,32%, F6 (stevia 0,02% + pakis sayur 0,50%) sebesar 17,10%, F4 (pakis sayur 0,75%) sebesar 20,15%, F7 (stevia 0,03% + pakis sayur 0,75%) sebesar 22,64%, sedangkan F2 (kontrol positif) menunjukkan penurunan tertinggi sebesar 31,07%. Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai F = 4,135 dengan signifikansi p = 0,013 (p < 0,05), yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antar kelompok perlakuan terhadap penurunan kadar glukosa darah. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa F7 tidak berbeda nyata dengan F2 sebagai kontrol positif, sehingga kombinasi ekstrak stevia 0,03% dan pakis sayur 0,75% dalam yoghurt menunjukkan potensi antidiabetes yang baik.

Rendahnya persentase penurunan glukosa darah pada kelompok F1 (kontrol negatif) diduga berkaitan dengan penggunaan sukrosa sebagai pemanis sehingga yoghurt hanya berperan sebagai produk fermentasi tanpa penambahan senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas antidiabetes. Sebaliknya, substitusi sukrosa dengan ekstrak stevia serta penambahan ekstrak pakis sayur pada kelompok perlakuan berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas antidiabetes. Aktivitas antidiabetes stevia telah banyak dilaporkan dalam penelitian Chowdury et al. (2022) menyimpulkan bahwa senyawa steviol glikosida mampu menurunkan kadar glukosa darah pada model hewan diabetes. Efek tersebut berkaitan dengan peningkatan sekresi insulin, perbaikan sensitivitas insulin, serta modulasi metabolisme glukosa.

Steviol glikosida merupakan komponen utama pemanis alami pada daun stevia (Stevia rebaudiana) yang tersusun atas steviosida, rebaudiosida A, rebaudiosida C, dan beberapa glikosida lainnya. Stevia ketika dikonsumsi memberikan rendah kalori karena tubuh tidak mempunyai enzim untuk memutus ikatan glikosidik baik di rongga mulut, lambung dan usus, yang menyebabkan steviol glikosida tidak dapat diubah menjadi glukosa, sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap peningkatan kadar gula darah. Steviol glikosida dihidrolisis menjadi steviol di usus besar oleh mikrobiota usus dari genus bacteroides.

Steviol diserap ke hati dan mengalami konjugasi menjadi steviol glukuronida dan sebagian lain dieksreksikan melalui urin. Metabolisme steviol glikosida pada tikus menghasilkan steviol glukuronida, kemudian adanya bakteri yang dapat menghasilkan enzim glukuronidase sehingga steviol glukuronida diubah menjadi steviol (Koyama et al 2003). Dengan tidak dipecahnya menjadi glukosa, maka steviol glikosida merupakan pemanis yang aman bagi penderita DM tipe II. Mekanisme metabolisme dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 1. Metabolisme Steviol Glikosida (Limanto 2017)

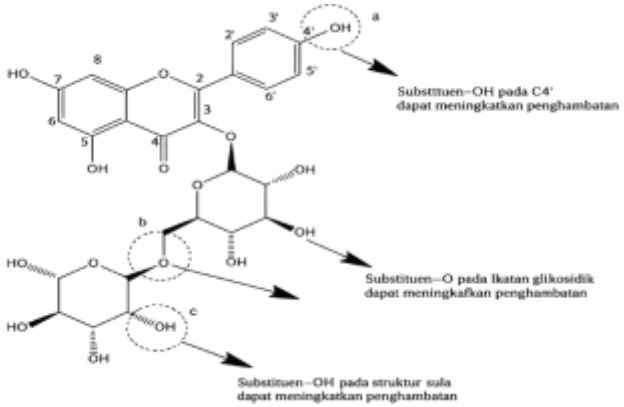
Penelitian dari Anker (2019) Stevia memiliki efek hipoglikemik dan insulinotropik sehingga penggantian sukrosa dengan steviol glikosida berkontribusi dalam menurunkan kadar glukosa darah karena mengurangi asupan karbohidrat. Kemudian menunjukkan bahwa isosteviol, mampu meningkatkan ekspresi GLUT2, yaitu protein transporter glukosa pada sel β pankreas, menyebabkan lebih peka terhadap peningkatan kadar gula darah sehingga sekresi insulin lebih efektif. Steviol glikosida juga dilaporkan menghambat proses glukoneogenesis di hati melalui penurunan enzim phosphoenolpyruvate carboxykinase (PEPCK), yaitu enzim pembatas laju dalam pembentukan glukosa, menyebabkan produksi glukosa oleh hati berkurang sehingga menurunkan glukosa darah. Selain itu, steviol glikosida juga memengaruhi mitokondria dengan meningkatkan glikolisis dan menurunkan glukoneogenesis.

Mekanisme lain melalui aktivasi transient receptor potential melastasti 5 (TRPM5) pada sel β pankreas. Penelitian menunjukkan steviol glikosida tidak bekerja dengan menutup kanal KATP (kanal kalium adenosin adenosis trifosfat) seperti golongan sulfonilurea. Sebaliknya, steviol glikosida meningkatkan kanal TRPM5, yang memperkuat osilasi ion Ca2+ akibat stimulasi glukosa sehingga meningkatkan glucose stimulated insulin secrection (GSIS) (Anker 2019).

Potensi efek antidiabetes pada formulasi penelitian ini tidak hanya berasal dari steviol glikosida, tetapi juga didukung oleh kandungan senyawa bioaktif pada pakis sayur. Ekstrak daun pakis sayur dilaporkan memiliki aktivitas antidiabetes. Iljannah (2025) menunjukkan bahwa ekstrak daun pakis sayur mampu menurunkan glukosa darah pada hewan yang diinduksi aloksan. Aktivitas tersebut dikaitkan dengan kandungan flavonoid, fenolik, dan alkaloid. Kandungan pada pakis sayur yang mempunyai efek antidiabetes adalah flavonoid, dengan cara homeostatisglukosa. Salah satu mekanisme adalah menghambat aktivitas enzim α-glukosidase, sehingga proses hidrolisis karbohidrat menjadi glukosa berlangsung lebih lambat yang menyebabkan penyerapan glukosa dalam usus berkurang dan peningkatan kadar glukosa dapat ditekan (Liu 2025).

Senyawa golongan flavonoid dalam pakis sayur yang paling baik adalah kaempferol 3-rhanmo-glucoside dengan adanya interaksi gugus (-OH) pada kerangka fenolik yang dapat menghambat enzim α-glukosidase melalui ikatan hidroksi pada cincin B. Interaksi gugus hidroksil (-OH) pada posisi C4 cincin B mampu membentuk ikatan hidrogen dengan atom oksigen (O) pada gugus karbonil residu asam amino Phe (A) 159, sehingga kontribusi terhadap penghambatan aktivitas enzim α-glukosida. Selain itu, atom oksigen (O) pada gugus gula membentuk ikatan hidrogen dengan residu asam amino Arg (A) 106, dan Lys (A) 96, yang semakin memperkuat afinitas senyawa terhadap sisi aktif sehingga meningkatkan potensi

penghambatan α-glukosidase (Iljannah 2025). Mekanisme senyawa kaempferol 3-rhanmo-glucoside dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 2. Mekanisme Senyawa kaempferol 3-rhanmo-glucoside (Iljannah 2025)

Berdasarkan mekanisme tersebut, aktivitas antidiabetes pada formulasi yoghurt dengan penambahan ekstrak daun stevia sebagai pemanis rendah kalori yang membantu meningkatkan sekresi insulin, serta menghambat kenaikan glukosa darah. Sedangkan pakis sayur berperan sebagai inhibitor enzim α-glukosidase yang memperlambat pemecahan karbohidrat. Dengan demikian, semakin tinggi konsentrasi ekstrak stevia dan pakis sayur, maka semakin tinggi memberikan efek antidiabetes. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa formulasi F7 (stevia 0.03% + pakis sayur 0.75%) merupakan formulasi dengan aktivitas antidiabetes terbaik, meskipun persentase penurunan glukosa darah masih lebih rendah dibanding kontrol positif (glibenklamid) dengan hasil uji statistika menunjukkan efektivitas formulasi F7 tidak berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi yoghurt dengan kombinasi ekstrak daun stevia dan pakis sayur berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional antidiabetes.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi ekstrak daun stevia dan daun pakis sayur dapat diformulasikan dalam sediaan yoghurt sebagai minuman fungsional bagi penderita diabetes melitus tipe II. Kualitas mutu yoghurt telah memenuhi persyaratan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 2981:2009), meskipun peningkatan konsentrasi ekstrak menyebabkan penurunan tingkat penerimaan organoleptik, dengan formulasi F3 (stevia 0,03%) menjadi formulasi yang paling dapat diterima panelis setelah kontrol. Kombinasi ekstrak daun stevia dan pakis sayur juga menunjukkan efektivitas yang berbeda nyata terhadap penurunan kadar gula darah mencit yang diinduksi aloksan ($p < 0,05$). Berdasarkan uji lanjut Duncan, formulasi F7 (stevia 0,03% dan pakis sayur 0,75%) merupakan formulasi terbaik dengan persentase penurunan gula darah sebesar 22,64% dan memiliki efektivitas yang tidak berbeda nyata dengan kontrol positif (glibenklamid). Berdasarkan hasil tersebut, penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian fisikokimia dan mikrobiologi pada yoghurt yang diformulasikan dengan ekstrak stevia dan pakis sayur yang telah dienkapsulasi untuk mengevaluasi pengaruh enkapsulasi terhadap mutu produk, serta melakukan pengujian stabilitas penyimpanan untuk menentukan umur simpan. Selain itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan jumlah hewan uji yang lebih besar dan uji klinis untuk memastikan keamanan serta efektivitas yoghurt antidiabetes sebelum dikembangkan menjadi produk komersial.

REFERENSI

Astrup, A., Geiker, N. R. W., & Magkos, F. (2019). Effects of full-fat and fermented dairy products on cardiometabolic disease: food is more than the sum of its parts. *Advances in Nutrition*, *10*(5), 924S-930S.

Astuty, E. (2021). Edukasi Manfaat Yogurt sebagai Salah Satu Probiotik dan Metode Pembuatan Yoghurt Sederhana. Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM). Vol. 4 (1). 129 – 136.

Azmir, et al. (2013). Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A review. Journal of Food Engineering. Vol. 117 (4).

Azwanida, NN. (2015). A Review on The Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strenght, and Limitation. Medicinal & Aromatic Plants. Vol. 4 (3).

Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan. Jakarta: BPOM RI

Badan Standarisasi Nasional. (2006). Petunjuk Pengujian Organoleptik dan atau Sensori SNI 01-2346-2006. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2009). Syarat Mutu Yoghurt SNI 2981-2009. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Cahyaningati, K. dkk. (2024). Product Development of Yogurt Drink with Lactiplantibacillus Plantarum subsp. Plantarum Dad-13. Jurnal teknologi hasil pertanian. Vol. 17 (2). 172 – 186.

Chatsudthipong, V., dan Muanprasat, C. (2009). Stevioside and Related Compounds: Therapeutic Benefits Beyond Sweetness. Pharmacology dan Therapeutics. Vol. 121 (1). 41 – 54.

Chaves, A.C.S.D. et al. (2002). Metabolic Engineering of Antidiabetic Production by Streptococcus thermophillus. Applied and environmental microbiology. Vol. 68 (11). 5656 – 5662.

Chemat, F., et al. (2017). Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products: Mechanism, Techniques, Combinations, Protocols, and Application. Ultrasonics Sonochemistry. Vol. 34. 540 – 560.

Desai, K.G.H., and Park. H.J. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Drying Technology. Vol. 23 (7). 1361 – 1394.

Dewi, L.K., dkk. (2024). Pengaruh Suhu Ekstraksi dan Kecepatan Pengadukan terhadap Karakteristik Crude Ekstrak Stevia. Jurnal Teknik USU. Vol 13 (2). 71 – 79.

Diah, H.T. dan Taufiq, A. (2022). Pengaruh Expired Date dan Tekstur Produk terhadap Keputusan Pembelian Produk di PT. Lestari Alam Segar Kawasan Industri Medan (KIM) II Medan. Journal Economic Management and Business. Vol. 1 (2).

Elamparithi, P., et al. (2025). Studies on Microbial Fermentation and Production of Yogurt. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Vol. 14 (9). 58 - 67

Fadel, M.N., dan Besan, E.J. (2020). Uji Antidiabetes Ekstrak Daun Sirsak (Annova Muricata L.) pada Mencit yang diinduksi Aloksan. Indonesia Jurnal Farmasi. Vol. 5 (2).

Fadma sari, G.N., dan Sri Rejeki, E. (2021). Uji Sitotoksik Ekstrak Etanol Daun Stevia (Stevia rebaudiana) pada Kultur Sel Hela. Jurnal Farmasi Indonesia. Vol. 10 (2).

Gunawan, M., Safriana, dan Andilala. (2023). Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Ikan Gabus (Channa striata) terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah Mencit Jantan (Mus musculus). Journal of Pharmaceutical and Sciences. Vol. 6 (2). 758 – 765.

Hafsah dan Astriana. (2012). Pengaruh Variasi Starter terhadap Kualitas Yoghurt Susu Sapi. Jurnal Biologi Universitas Negeri Makassar. Vol. 13 (2). 96 - 102.

Interational Organization for Standardization. (2017). ISO 11290-1:2017 Microbiology of the Food Chain-Horizontal Method for the Detection and Emumeration of Listeria monocygenetes and of Listeria spp.-part 1: Detection Method. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).

International Diabetes Federation. (2025). IDF Diabetes Atlas 11 Editionth 2025. International Diabetes Federation.

Junejo, J. A., et al. (2018). Antidiabetic and Hepatoprotective Activity of Diplazium esculentum in Vivo. Future Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 4(1).

Kanake, U.J., et al. (2009). Effect of Skim Milk Powder and Gelatin on Chemical Composition and Sensory Quality of Yoghurt. J. Dairying, Foods, & H.S. Vol. 28 (1). 1 -7.

Lemus-Mondaca, R. et al. (2012). Stevia rebaudiana bertonii, Source of A High-Potency Natural Sweetener: A Comprehensive Review on the Biochemical, Nutrional and Functional Aspects. Food chem. Vol. 132 (3).

Malik, V. S., et al. (2019). Long-term Consumption of Sugar-sweetened Beverages and Risk of Type 2 Diabetes. Diabetes care. Vol. 42 (12). 2190 – 2198.

Manna, K., et.al. (2023). Determination of Phytochemicals, Minerals, and Evaluation of Antioxidant, Antidiabetic, Activities of Young Fronds of Diplazium esculentum: A Vegetable of Tripura, India. J.Sci. Res. Vol. 15 (2). 547 – 557.

Mardini, I.O., dkk. (2025). Peran Biokimia dari Mineral dalam Tubuh Pasien serta Tubuh Pasien serta Rekomendasi Dietetik atau Intervensi Gizi pada Puskesmas Muaro Pati. Jurnal Ilmu Kesehatan. Vol. 18 (1). 1 – 11.

Nofia, V.R. (2023). Hubungan Pola Makan dan Obesitas dengan Kejadian Diabetes Melitus. Jurnal Kesehatan Saintika Meditory. Vol. 6 (1). 153 – 159.