



# POTENSI ANTIDIABETES MINUMAN PROBIOTIK BERBASIS PANGAN LOKAL BUAH JUWET (*SYZYGIUM CUMINI*) YANG DIOLAH MENGGUNAKAN BAKTERI ASAM LAKTAT KHAS INDONESIA

## THE POTENTIAL OF LOCAL FRUIT JUWET (*SYZYGIUM CUMINI*) AS ANTIDIABETIC PROBIOTIC DRINK PROCESSED USING INDONESIAN LACTIC ACID BACTERIA

Divara Hana Vania,<sup>1</sup> Puji Kurnellawati,<sup>1</sup> Yuan Angelica Pramudita Sujatmiko<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan  
Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*Korespondensi E-Mail : divarahanavania@mail.ugm.ac.id

### ABSTRAK

**Publish Artikel:**  
Cetak :5 Juni  
2024  
Online :5 Juni  
2024

**Pendahuluan:** Buah juwet atau *Syzygium cumini* merupakan salah satu buah lokal khas Indonesia yang memiliki banyak manfaat. Namun, pemanfaatannya masih belum optimal karena pengolahan buah juwet yang kurang variatif dan pengetahuan masyarakat terhadap manfaat buah juwet juga masih kurang. Pengolahan buah juwet menjadi produk pangan fungsional berupa minuman probiotik dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* dapat meningkatkan kandungan antioksidan sehingga bermanfaat untuk menangkal radikal bebas dan mengurangi resistensi insulin sebagai bentuk risiko dari penyakit diabetes melitus tipe 2 (T2DM).

**Metode:** Metode yang digunakan adalah *literature review* dengan pendekatan kualitatif, di mana aplikasi Mendeley dimanfaatkan untuk mengelola dan menganalisis referensi dari buku dan jurnal penelitian terdahulu.

**Hasil:** Dari hasil penelusuran pustaka dapat diketahui bahwa buah juwet memiliki potensi antidiabetes karena memiliki kandungan senyawa antosianin, asam jambolat, quercetin, kaempferol, eugenol, flavonoid, polifenol, tanin, terpenoid, saponin, serat, kromium, dan magnesium yang dapat mengurangi kerusakan sel dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin pada penderita T2DM. Pemanfaatan buah juwet sebagai minuman probiotik JuwetCare menggunakan bakteri asam laktat lokal berdampak positif dalam membangun perekonomian lokal dan pengembangan industri melalui pemberdayaan masyarakat dengan peningkatan pengetahuan dari manfaat buah juwet.

**Kesimpulan:** Minuman JuwetCare merupakan salah satu produk pangan fungsional berupa minuman probiotik yang menggunakan buah juwet dan bakteri asam laktat lokal. Adanya minuman JuwetCare ini dapat meningkatkan sensitivitas insulin, bersifat sebagai antioksidan, memperbaiki profil lipid, menurunkan stres oksidatif, menstabilkan kadar gula darah, hingga memperbaiki komposisi mikrobiota usus pada penderita T2DM. Selain itu, minuman JuwetCare juga memberikan dampak sosial ekonomi seperti meningkatkan ekonomi lokal, pemberdayaan masyarakat, dan pengembangan industri mikro di bidang pangan.

**Kata kunci:** pangan, juwet, *Syzygium cumini*, fermentasi, minuman probiotik, diabetes mellitus tipe 2, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*

## ABSTRACT

**Introduction:** Juwet (*Syzygium cumini*) is a local Indonesian fruit with various health benefits, but its use is still limited due to a lack of varied processing methods and lack of public knowledge about its benefits. Processing juwet into a functional probiotic drink using *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici* can increase its antioxidant content, help scavenge free radicals, and reduce insulin resistance, a key factor in type 2 diabetes mellitus (T2DM).

**Method:** This study uses a literature review with a qualitative approach where the Mendeley application is used to manage and analyze references from books and previous research journals.

**Results:** The literature shows that juwet has antidiabetic potential due to its content of anthocyanins, jambolic acid, quercetin, kaempferol, eugenol, flavonoids, polyphenols, tannins, terpenoids, saponins, fiber, chromium, and magnesium. These compounds help reduce cell damage and improve insulin sensitivity in T2DM. Moreover, using local bacteria to process juwet into probiotic drink JuwetCare can positively impact the local economy by increasing public knowledge about the fruit's benefits.

**Conclusion:** JuwetCare is a functional probiotic drink made from juwet and local bacteria. The existence of JuwetCare can increase insulin sensitivity, act as an antioxidant properties, improve lipid profiles, reduce oxidative stress, stabilize blood sugar, and improve gut microbiota in T2DM patients. Additionally, JuwetCare benefits the local economy by empowering communities and fostering micro-industry development in the food sector.

**Keywords:** food, juwet, *Syzygium cumini*, fermentation, probiotic drinks, type 2 diabetes mellitus, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*



## 1. PENDAHULUAN

Diabetes mellitus tipe 2 (T2DM) merupakan penyakit gangguan metabolik yang disebabkan oleh peningkatan resistensi insulin pada sel secara kronik sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa darah. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan jumlah pasien T2DM di Indonesia akan meningkat signifikan hingga 16,7 juta pada tahun 2045 (1). Tidak hanya jumlah kasusnya yang tinggi, kematian akibat T2DM juga menjadi salah satu penyebab kematian tertinggi di Indonesia. Biaya yang dikeluarkan oleh pemerintah untuk menangani T2DM pun tergolong tinggi hingga mencapai 1,877 triliun pada tahun 2017 (2). Hal tersebut tidak lepas dari banyaknya penyakit komplikasi T2DM seperti neuropati dan penyakit jantung yang turut menjangkit tingginya beban ekonomi pemerintah terhadap penyakit ini.

Kejadian T2DM banyak disebabkan karena pola makan yang tidak sehat, obesitas, dan kurangnya aktivitas fisik (3). Kondisi ini menyebabkan perubahan komposisi mikrobiota saluran cerna sehingga meningkatkan produksi sitokin pro-inflamasi seperti lipopolisakarida. Produksi sitokin pro-inflamasi yang tinggi menyebabkan penurunan sensitivitas reseptor insulin yang berakibat pada kondisi hiperglikemia kronis. Hiperglikemia kronis akan mengaktifkan jalur poliol yang menyebabkan glukosa dimetabolisme oleh *aldose reduktase* menjadi sorbitol yang berakibat terganggunya osmolaritas membran basal. Kondisi ini turut memperburuk komplikasi mikrovaskular pada pasien T2DM (4).

Pada saat ini, terapi untuk T2DM kebanyakan masih menggunakan terapi konvensional berupa obat farmakologis dan belum berfokus pada terapi non-farmakologis. Padahal, terapi non-farmakologis dengan pendekatan nutrisi atau pangan juga penting untuk diberikan dalam penanganan T2DM. Pangan fungsional dapat menjadi strategi yang dapat diupayakan untuk terapi non-farmakologis T2DM. Menurut Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) pangan fungsional merupakan pangan olahan yang mengandung satu atau lebih komponen pangan yang berdasarkan kajian ilmiah mempunyai fungsi fisiologis tertentu di luar fungsi dasarnya, terbukti tidak membahayakan dan bermanfaat bagi kesehatan (5).

Pangan fungsional yang dikonsumsi sebagai makanan atau minuman mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan, warna, tekstur dan cita rasa yang dapat diterima oleh konsumen, serta tidak memberikan kontraindikasi dan efek samping pada jumlah penggunaan yang dianjurkan terhadap metabolisme zat gizi lainnya (6). Salah satu produk pangan fungsional dapat berupa minuman probiotik yang kaya akan antioksidan untuk meredakan kondisi stres oksidatif. Stres oksidatif yang sering terjadi pada tubuh penderita T2DM merupakan ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan tubuh untuk menetralkannya (7). Dalam hal ini, antioksidan berperan sebagai penangkal radikal bebas untuk melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat stres oksidatif.

Minuman probiotik dapat dibuat dari berbagai bahan baku, seperti buah-buahan yang kaya akan antioksidan, mineral, dan serat sehingga bermanfaat untuk kesehatan. Buah juwet atau *Syzygium cumini* merupakan buah lokal khas Indonesia yang kaya akan manfaat. Buah ini dikenal pula dengan nama duwet atau jamblang (8). Hasil riset terdahulu menunjukkan bahwa daging buah, biji, batang, kulit batang, dan daun dari juwet memiliki manfaat kesehatan seperti antioksidan, antidiabetes, antiinflamasi, antimikroba, antikanker, radioprotektif, serta dapat mengatasi diare, demam, dan gangguan pencernaan (9). Selain itu, penelitian pemberian ekstrak buah juwet pada model tikus hiperglikemik menunjukkan efek antidiabetes yang signifikan, yaitu mampu menurunkan kadar glukosa darah sebesar 12,29% dan meningkatkan kadar insulin sebesar 6,19% (10). *Syzygium cumini* diketahui memiliki efek antidiabetes karena mengandung senyawa antosianin, asam jambolat, quercetin, kaempferol, eugenol, flavonoid, polifenol, tanin, terpenoid, saponin, serat, kromium, dan magnesium (11). Namun, hingga saat ini, buah juwet masih jarang dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat Indonesia karena pengolahannya yang kurang variatif dan kurangnya pengetahuan masyarakat tentang manfaat dari buah juwet.

Salah satu cara untuk mengolah buah juwet menjadi pangan fungsional adalah dengan metode fermentasi menjadi minuman probiotik. Fermentasi bertujuan untuk



meningkatkan aktivitas flavonoid dan senyawa antioksidan lainnya yang dapat membantu menurunkan kadar gula darah dan meningkatkan aktivitas mikrobiota usus sehingga bermanfaat dalam manajemen kadar gula darah (12).

Bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* dipilih dalam pembuatan produk ini dikarenakan kedua bakteri tersebut merupakan bakteri asam laktat khas Indonesia yang mudah ditemukan, serta telah sering digunakan dalam proses fermentasi pembuatan produk growol dan dadih (13). *Lactobacillus plantarum* menghasilkan antimikroba alami seperti bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk fermentasi (14). *Pediococcus acidilactici* memberikan aroma dan cita rasa khas pada produk fermentasi (15). Kedua bakteri tersebut juga memiliki manfaat untuk menyeimbangkan komposisi mikrobiota usus dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin.

Dalam upaya meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat dan memanfaatkan kekayaan alam lokal, kami berinovasi menciptakan produk minuman probiotik dengan buah juwet sebagai bahan utama. Buah juwet dipilih karena memiliki potensi besar dalam membantu mengontrol kadar gula darah dan menurunkan stres oksidatif yang sangat bermanfaat bagi penderita T2DM. Produk minuman probiotik ini diberi nama "JuwetCare". Kata pertama dari nama produk adalah "Juwet" karena menggunakan buah juwet sebagai bahan baku utamanya. Kata kedua dari nama produk adalah "Care" karena menunjukkan kepedulian terhadap inovasi pangan lokal dan kebermanfaatannya produk ini dalam bidang kesehatan, terutama bagi penderita T2DM.

Dengan demikian, tujuan dari tulisan ilmiah ini adalah untuk memberikan uraian informasi tentang pemanfaatan buah juwet melalui proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat lokal khas Indonesia menjadi produk pangan fungsional yang bermanfaat untuk penderita T2DM. Produk minuman JuwetCare yang merupakan hasil fermentasi buah juwet menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* diharapkan dapat menjadi inovasi alternatif pangan fungsional untuk membantu

menurunkan kadar gula darah dan memperbaiki komposisi mikrobiota usus bagi penderita T2DM.

## 2. METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ilmiah ini adalah metode *literature review* dengan pendekatan deskriptif kualitatif, yang memanfaatkan aplikasi Mendeley untuk mengelola dan menganalisis referensi yang relevan. Penelusuran literatur berbasis data elektronik yang dikumpulkan melalui *database* Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, ResearchGate, MDPI, dan Springer. Kata kunci yang digunakan untuk pencarian dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, yaitu "patofisiologi diabetes melitus tipe 2", "manfaat buah juwet", "pangan fungsional", "stres oksidatif", "*blood glucose levels*", "*gut microbiota dysbiosis*", "disbiosis mikrobiota usus", "bakteri fermentasi khas Indonesia", dan "pembuatan minuman probiotik". Dilakukan analisis lebih lanjut terhadap beberapa jurnal nasional, jurnal internasional, dan buku yang sesuai dengan kriteria. Jurnal dan buku yang digunakan dalam penulisan artikel ilmiah ini adalah jurnal dan buku yang dipublikasikan dari tahun 2017 hingga tahun 2024.

## 3. HASIL

Dari hasil telaah pustaka dapat diketahui bahwa hiperglikemia pada pasien diabetes dapat menyebabkan disfungsi endotel yang berakibat pada komplikasi mikro dan makrovaskular. Selain itu, kondisi disbiosis atau ketidakseimbangan mikrobiota dapat memperparah kondisi penderita T2DM. Disbiosis berkontribusi terhadap peradangan, peningkatan permeabilitas usus, dan resistensi insulin.

Buah juwet memiliki potensi antidiabetes karena memiliki kandungan senyawa antosianin, asam jambolat, quercetin, kaempferol, eugenol, flavonoid, polifenol, tanin, terpenoid, saponin, serat, kromium, dan magnesium yang dapat mengurangi kerusakan sel dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin pada penderita T2DM (9). Selain manfaatnya dalam proses fermentasi, bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* juga memiliki manfaat untuk menyeimbangkan komposisi



mikrobiota usus dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin.

Dengan proyeksi pertumbuhan pasar pangan fungsional yang diperkirakan 7,2% setiap tahunnya, pemanfaatan buah juwet sebagai pangan fungsional lokal untuk minuman probiotik memiliki potensi dalam membangun perekonomian lokal dan pengembangan industri melalui pemberdayaan masyarakat dengan peningkatan pengetahuan dari manfaat buah juwet (16). JuwetCare diharapkan mampu

menjadi inovasi pangan fungsional berbasis buah lokal yang dapat membantu penderita T2DM dalam menjaga kadar gula darah dan komposisi mikrobiota usus.

#### 4. PEMBAHASAN

Dari hasil *literature review* yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagaimana yang disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil *Literature Review* dari Berbagai Jurnal dan Buku

No	Judul Jurnal	Nama Penulis dan Tahun	Metode	Isi Jurnal
1.	The Role of the Gut Microbiota in the Pathogenesis of Diabetes	Bielka, W., Przezak, A., dan Pawlik, A. (2022)	<i>Literature review</i>	Disbiosis atau ketidakseimbangan mikrobiota berkontribusi terhadap peradangan, peningkatan permeabilitas usus, dan resistensi insulin pada pasien T1DM dan T2DM.
2.	Diabetes Melitus dan Antioksidan	Prawitasari, D.S. (2019)	<i>Literature review</i>	Hiperglikemia pada diabetes menyebabkan disfungsi endotel akibat produksi radikal bebas yang menyebabkan komplikasi mikro dan makrovaskular. Penggunaan antioksidan terbukti efektif dalam mengurangi komplikasi tersebut.
3.	Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan Ekstrak Sari Buah Juwet ( <i>Syzygium cumini</i> ) menggunakan metode Gelasi Ionik	Hajrin, W., Budastra, W.C.G., Juliantoni, Y. dan Subaidah, W.A. (2021)	Eksperimental murni	Nanopartikel ekstrak buah juwet ( <i>Syzygium cumini</i> ) dapat melindungi senyawa aktif dalam buah juwet, yang berpotensi meningkatkan stabilitas senyawa polifenol.
4.	Manfaat Antioksidan Daun Salam Terhadap Kadar Glukosa Darah dan Penurunan Apoptosis Neuron di Hippocampus Otak Tikus yang Mengalami Diabetes	Anggraini, A. (2020)	Eksperimental murni	Ekstrak daun salam memiliki potensi sebagai antioksidan yang efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah dan mengurangi apoptosis neuron di <i>hippocampus</i> tikus diabetes, berkat kandungan flavonoid dan tannin yang dapat menangkap radikal bebas serta meningkatkan fungsi sel-sel otak.
5.	Potensi Senyawa Fitokimia pada Tumbuhan dalam Menurunkan	Budianto, R.E., Linawati, N.M., Arijana, I.G.K.N.,	<i>Literature review</i>	Senyawa fitokimia dari tanaman, seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin dapat menurunkan kadar glukosa darah pada T2DM.



	Kadar Glukosa Darah pada Diabetes Melitus	Wahyuniari, I.A.I. dan Wiryawan, I.G.N.S. (2022)		
6.	Aktivitas Farmakologi Tumbuhan Jamblang ( <i>Syzygium Cumini</i> L.): Literature Review Article	Hidayah, H., Ridwanuloh, D. dan Amal, S. (2021)	Literature review	Jamblang atau juwet adalah tumbuhan yang termasuk dalam famili <i>Myrthaceae</i> . Beberapa bagian dari tanaman juwet seperti buah, biji, dan daunnya dapat digunakan sebagai obat tradisional karena mempunyai aktivitas farmakologi sebagai antidiabetes.
7.	Aktivitas Kandungan Flavonoid Jamun ( <i>Syzygium cumini</i> ) sebagai Senyawa Anti Inflamasi	Hidayah, H., Sinangling, B.A., Mulyawan, I. dan Kholisoh, T. (2023)	Literature review	Juwet mengandung banyak senyawa kimia seperti alkaloid, flavonoid, resin, tanin, dan minyak atsiri yang bermanfaat sebagai antiinflamasi.
8.	Phytochemical Profile, Biological Properties, and Food Applications of the Medicinal Plant <i>Syzygium cumini</i>	Qamar, M., Akhtar, S., Ismail, T., Wahid, M., Abbas, M.W., Mubarak, M.S., Yuan, Y., Barnard, R.T., Ziora, Z.M. and Esatbeyoglu, T. (2022)	Literature review	<i>Syzygium cumini</i> memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan, yaitu sebagai antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antipiretik, serta memiliki potensi sebagai antimalaria, antikanker, dan antidiabetes.
9.	Pengaruh Fermentasi Bakteri Asam Laktat terhadap Aktivitas Antioksidan dan Kadar Antosianin Buah Duwet ( <i>Syzygium cumini</i> ).	Natania, Susanto, M., dan Cahyana, A.H. (2019)	Eksperimen kuantitatif dengan analisis statistik ( <i>two-way ANOVA</i> )	Fermentasi dengan <i>L. plantarum</i> pada buah juwet ( <i>Syzygium cumini</i> ) selama 17 hari mampu meningkatkan aktivitas antioksidan tertinggi (64,03%) serta kandungan fenolik, flavonoid, dan antosianin.
10.	<i>Pediococcus acidilactici</i> pA1c® Improves the Beneficial Effects of Metformin Treatment in Type 2 Diabetes by Controlling Glycaemia and Modulating Intestinal Microbiota.	Cabello-Olmo, M., Oneca, M., Urtasun, R., Pajares, M.J., Goñi, S., Riezu-Boj, J.I., Milagro, F.I., Ayo, J., Encio, I.J., Barajas, M. dan Araña, M. (2023)	Eksperimental murni	Kombinasi metformin dan probiotik <i>Pediococcus acidilactici</i> pA1c memberikan hasil terbaik dalam menurunkan glukosa darah, memperbaiki fungsi sel beta pankreas, dan mengurangi resistensi insulin dibandingkan dengan perlakuan tunggal. Selain itu, kombinasi ini juga memperbaiki profil lipid, melindungi dari steatosis hati, dan mengubah komposisi mikrobiota usus dengan cara yang lebih signifikan dibandingkan perlakuan individu.



#### 4.1 Kondisi Metabolisme Tubuh pada Kejadian T2DM

Penyakit T2DM terjadi karena resistensi sel tubuh terhadap insulin yang menyebabkan kadar gula dalam darah meningkat atau kondisi hiperglikemia. Penyakit T2DM banyak disebabkan karena kurangnya aktivitas fisik, pola makan tinggi gula, obesitas, hingga terjadinya disbiosis mikrobiota usus (3).

Disbiosis adalah kondisi ketidakseimbangan mikrobiota usus yang memiliki kontribusi pada perkembangan penyakit metabolik termasuk diabetes. Disbiosis mikrobiota usus menurunkan produksi butirir yang menyebabkan penurunan fungsi sel beta pankreas. Disbiosis juga meningkatkan permeabilitas usus sehingga menyebabkan lipopolisakarida lebih mudah masuk ke dalam aliran darah dan mengaktifkan TLR4 yang dapat menyebabkan inflamasi, serta mengaktifkan jalur NF- $\kappa$ B yang mengakibatkan kondisi resistensi insulin (17). Selain itu, disbiosis mikrobiota usus juga dapat meningkatkan produksi sitokin pro-inflamasi seperti lipopolisakarida (LPS), perubahan pada kumpulan asam empedu, dan peningkatan *Branched-Chain Amino Acids* (BCAAs). Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan sensitivitas sel terhadap hormon insulin sehingga terjadi kenaikan kadar gula darah (18).

Penurunan sensitivitas insulin yang terjadi terus-menerus ditambah pola hidup yang tidak sehat seperti sering mengonsumsi makanan tinggi gula, tinggi lemak, kurang asupan serat, serta minim aktivitas fisik dapat menyebabkan kondisi hiperglikemia kronis yang mengaktifkan jalur poliol (glukosa-sorbitol-fruktosa).

Aktivasi jalur poliol akan meningkatkan kadar sorbitol dan fruktosa. Sorbitol dan fruktosa merupakan agen glikosilasi yang berperan dalam pembentukan *Advanced Glycation End Products* (AGEs) (19). AGEs merupakan produk *irreversible* dari protein yang terglykosilasi secara non-enzimatik. *Reactive Oxygen Species* (ROS) dihasilkan dalam beberapa tahap selama proses pembentukan AGEs. Setelah terbentuk, AGEs akan mengikat berbagai reseptor yang disebut RAGE. Peningkatan jumlah ROS mengakibatkan penurunan aktivitas antioksidan pada sel. Hal ini mendukung perkembangan penyakit komplikasi pada

pasien T2DM. Penurunan aktivitas antioksidan pada sel membuat terjadinya kerusakan selular, seperti kerusakan pada saraf yang meningkatkan risiko terjadinya neuropati diabetik dan kerusakan pada pembuluh darah yang meningkatkan risiko terjadinya aterosklerosis (7).

#### 4.2 Kandungan *Syzygium cumini*

Buah juwet atau *Syzygium cumini* adalah buah lokal khas Indonesia dari famili *Myrtaceae* (famili jambu-jambuan) (8). Buah juwet berwarna ungu gelap hingga kehitaman, serta memiliki bentuk yang bulat dengan diameter sekitar 2–3 cm (20). Daging buah juwet berwarna putih kekuningan, memiliki tekstur yang sedikit keras dan berair, serta mengandung biji tunggal. Buah juwet memiliki rasa yang enak dan khas ketika dimakan, yaitu sedikit manis dan agak sepat (21).

Salah satu kandungan utama yang dimiliki oleh buah juwet adalah senyawa antioksidan berupa flavonoid dan polifenol (22). Senyawa ini membantu mengurangi kerusakan sel dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin pada penderita T2DM. Senyawa flavonoid yang terkandung di dalam buah juwet berperan sebagai inhibitor enzim  $\alpha$ -glukosidase, maltase, dan  $\alpha$ -amilase. Enzim-enzim tersebut berfungsi untuk memecah karbohidrat kompleks menjadi glukosa sehingga terjadi peningkatan kadar gula darah. Pada penderita T2DM, penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase, maltase, dan  $\alpha$ -amilase dapat membantu dalam mengurangi peningkatan kadar gula darah setelah makan dengan memperlambat penyerapan glukosa dari asupan makanan (23).

Kandungan polifenol dalam buah juwet dapat membantu meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin dengan cara mengaktifkan *Adenosine Monophosphate-activated Protein Kinase* (AMPK) yang merupakan enzim pengatur metabolisme energi di dalam tubuh. Aktivasi AMPK dapat meningkatkan sensitivitas insulin dengan meningkatkan transportasi glukosa ke dalam sel-sel otot dan jaringan adiposa (24). Polifenol juga dapat mengurangi resistensi insulin dengan cara menghambat aktivitas enzim Protein Tirosin Fosfatase (PTP). Enzim PTP dapat menghambat aktivasi reseptor insulin sehingga dengan adanya penghambatan aktivitas enzim PTP oleh polifenol maka



reseptor insulin menjadi lebih responsif terhadap sinyal insulin.

Flavonoid dan polifenol memiliki sifat antioksidan yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari stres oksidatif yang disebabkan oleh diabetes. Selain itu, senyawa flavonoid dan polifenol juga memiliki efek antiinflamasi sehingga dapat membantu mengurangi peradangan yang sering terjadi pada penderita T2DM (9).

Selain flavonoid dan polifenol, buah *Syzygium cumini* juga mengandung senyawa aktif lainnya seperti tanin, terpenoid, dan saponin (25). Sifat antioksidan dan antiinflamasi yang dimiliki oleh tanin dapat membantu mengurangi stres oksidatif dan peradangan yang terjadi pada tubuh penderita T2DM. Tanin juga tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia, tetapi dapat difermentasi oleh bakteri baik di usus. Hasil fermentasi tanin menghasilkan asam lemak rantai pendek atau *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) yang bermanfaat untuk meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin. Terpenoid memiliki efek menghambat enzim  $\alpha$ -amilase dan enzim  $\alpha$ -glukosidase sehingga dapat memperlambat penyerapan glukosa dan mencegah kenaikan kadar gula darah *post-prandial* yang abnormal (26).

Saponin dapat meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin dengan cara meningkatkan aktivasi dan translokasi GLUT-4 yang merupakan transporter glukosa di jaringan otot rangka. Meningkatnya aktivitas GLUT-4 membuat sel-sel otot menjadi lebih responsif terhadap insulin dan mampu meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel-sel otot (27).

Senyawa antosianin dan asam jambolat juga terkandung di dalam buah juwet. Antosianin memiliki sifat antioksidan yang kuat sehingga dapat membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat stres oksidatif (28). Selain itu, antosianin juga dapat membantu mengaktifkan jalur Phosphatidylinositol-3-kinase (PI3K) dan jalur Akt (protein kinase B) yang dapat menginduksi translokasi GLUT-4 ke permukaan sel sehingga meningkatkan pengambilan glukosa dari aliran darah ke dalam sel.

Sementara itu, asam jambolat atau yang dikenal juga sebagai asam oleanolat termasuk ke dalam senyawa kimia golongan triterpenoid yang memiliki efek antidiabetes (29). Asam

jambolat dapat meningkatkan sekresi insulin dari sel beta pankreas, menghambat enzim  $\alpha$ -glukosidase, serta meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin.

Kandungan serat yang tinggi dalam buah juwet dapat memperlambat proses penyerapan glukosa sehingga mencegah lonjakan kadar gula darah setelah makan. Serat larut dalam buah juwet dapat difermentasi oleh mikrobiota di usus besar yang berperan dalam pembentukan SCFA. Pembentukan SCFA ini menginduksi sekresi hormon GLP-1 dari usus halus. Hormon GLP-1 dapat mengurangi resistensi insulin dengan meningkatkan aktivitas reseptor insulin di sel-sel otot dan hati (30).

Kromium dan magnesium juga terkandung di dalam buah juwet. Kromium dapat berikatan dengan chromodulin untuk membantu meningkatkan aktivitas reseptor insulin (31). Hal ini menyebabkan penggunaan insulin oleh sel-sel tubuh untuk mengambil glukosa dari aliran darah menjadi lebih efektif. Magnesium memiliki efek antiinflamasi dengan membantu mengurangi produksi sitokin pro-inflamasi, seperti TNF- $\alpha$  (*tumor necrosis factor-alpha*), interleukin-6 (IL-6), dan interleukin-1  $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) (32).

Selain itu, buah juwet juga mengandung senyawa quercetin, kaempferol, dan eugenol. Quercetin memiliki sifat antiinflamasi dan antioksidan yang dapat membantu mengurangi peradangan saraf dan melindungi sel-sel saraf dari kerusakan akibat stres oksidatif. Senyawa ini meningkatkan regenerasi saraf dengan merangsang pertumbuhan sel-sel saraf baru dan memperbaiki sel-sel saraf yang rusak (33).

Kaempferol dapat meningkatkan aktivitas enzim glukokinase yang dapat mempercepat fosforilasi glukosa menjadi molekul glukosa-6-fosfat (G6P) dan meningkatkan penyerapan glukosa oleh sel-sel hati. Tidak hanya itu, kaempferol juga dapat menghambat enzim glukosa-6-fosfatase (G6Pase) sehingga mengurangi konversi G6P kembali menjadi glukosa dan mengurangi jumlah glukosa yang dilepaskan ke aliran darah dari hati (34).

Eugenol dapat menurunkan kadar *C-reactive protein* (CRP) dan interleukin-6 (IL-6) yang keduanya merupakan sitokin pro-inflamasi. Eugenol juga dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan, seperti superoksida dismutase (SOD) dan katalase

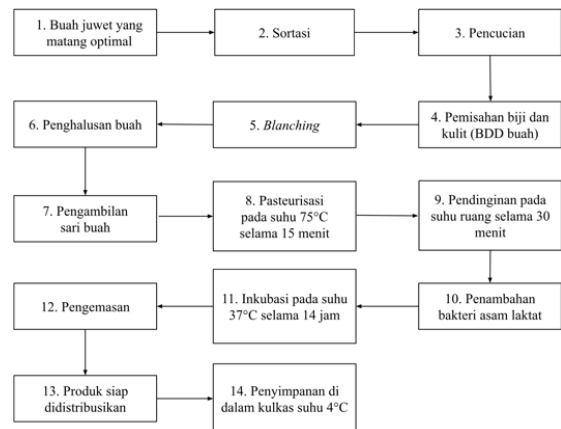
sehingga membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat stres oksidatif (35).

Proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat dapat meningkatkan manfaat buah juwet sebagai pangan fungsional. Penelitian telah menunjukkan bahwa proses fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dapat meningkatkan aktivitas antioksidan hingga 64,03%. Proses fermentasi juga memengaruhi kandungan fitokimia dalam buah juwet, termasuk senyawa fenolik, flavonoid, dan antosianin. Peningkatan kandungan antosianin setelah proses fermentasi mencapai 41,11% (36).

#### 4.3 Pembuatan Minuman Probiotik JuwetCare

Fermentasi merupakan proses yang dapat meningkatkan nilai fungsional bahan pangan melalui aktivitas bakteri asam laktat. Minuman probiotik JuwetCare diolah menggunakan proses fermentasi bertujuan untuk meningkatkan kandungan antioksidan yang terdapat dalam buah juwet. Lama fermentasi memengaruhi peningkatan aktivitas antioksidan. Bakteri asam laktat yang digunakan merupakan bakteri lokal khas Indonesia, yaitu *Lactobacillus plantarum* yang banyak digunakan untuk fermentasi growol makanan khas Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dan *Pediococcus acidilactici* yang ditemukan pada dadih minuman fermentasi susu kerbau khas Minangkabau.

Berdasarkan penelitian terdahulu, proses fermentasi bahan pangan menggunakan bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dapat memberikan peningkatan aktivitas antioksidan. Penelitian ini sejalan dengan pembuatan JuwetCare untuk membantu pengelolaan T2DM melalui mekanisme antioksidan dan antiinflamasi (36). Berikut ini merupakan bagan alur pembuatan minuman probiotik JuwetCare dari fermentasi buah juwet menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* (Gambar 1).



Gambar 1. Bagan Pembuatan JuwetCare

Pembuatan minuman probiotik dari buah juwet dimulai dengan proses sortasi dan pencucian buah. Kemudian, dilakukan pemisahan biji dan kulit dari daging buahnya. Selanjutnya, dilakukan *blanching* pada daging buah juwet yang telah dipisahkan dari biji dan kulitnya. Proses *blanching* bertujuan untuk menginaktivasi enzim dan mengurangi jumlah mikroba awal. Setelah itu, daging buah dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan air sesuai kebutuhan. Langkah selanjutnya, sari buah juwet dipasteurisasi pada suhu 75°C selama 15 menit. Setelah dilakukan pasteurisasi, sari buah juwet didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit. Setelah suhunya turun, dilakukan penambahan starter bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* ke dalam sari buah juwet, lalu dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 14 jam. Setelah proses inkubasi selesai, minuman probiotik kemudian dikemas ke dalam botol dengan volume 65 ml yang praktis untuk disajikan. Minuman probiotik JuwetCare dapat disimpan dalam kulkas dengan suhu 4°C untuk menjaga kualitasnya.

Selama proses fermentasi, pH dan suhu sari buah harus dipantau secara teratur untuk memastikan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan bakteri probiotik. Pengendalian fermentasi ini dapat dilakukan menggunakan alat pengukur pH dan termometer. Sementara untuk suhu, kelembaban, dan waktu fermentasi dapat disesuaikan untuk mencapai hasil minuman yang diinginkan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, rasa minuman probiotik akan



menjadi lebih asam. Hal ini terjadi karena selama proses fermentasi, bakteri mengubah gula menjadi asam laktat (37).

Keunggulan dari minuman probiotik JuwetCare adalah memiliki proses pengolahan yang cukup mudah untuk dilakukan, serta praktis untuk didistribusikan dan dikonsumsi oleh konsumen. Selain itu, buah juwet yang telah difermentasi menjadi minuman probiotik juga memiliki masa simpan yang lebih lama dibandingkan dengan buah juwet yang tidak melalui proses fermentasi. Hal ini dikarenakan proses fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak dengan membuat kondisi pH menjadi rendah, mengurangi aktivitas enzimatik, meningkatkan kandungan probiotik, serta menghasilkan senyawa asam laktat, asam asetat, dan asam format sebagai pengawet alami (38, 39).

#### **4.4 Manfaat Minuman Probiotik Buah Juwet**

##### **4.4.1 Bagi Kesehatan**

Selain dapat membantu menurunkan kadar gula darah, minuman probiotik yang terbuat dari buah juwet dapat membantu memperbaiki komposisi mikrobiota dalam saluran cerna penderita T2DM karena dibuat menggunakan fermentasi bakteri *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici*. Bakteri *Lactobacillus plantarum* berfungsi meningkatkan aktivitas antioksidan, flavonoid, dan antosianin (40). *Lactobacillus plantarum* dapat menghambat kerja enzim  $\alpha$ -glukosidase, yaitu enzim yang berperan dalam memecah karbohidrat kompleks menjadi glukosa sederhana yang lebih mudah diserap oleh usus. Dengan menghambat enzim  $\alpha$ -glukosidase maka penyerapan glukosa dari aliran darah menjadi lebih lambat sehingga tidak terjadi kenaikan kadar gula darah secara drastis. Selain itu, *Lactobacillus plantarum* juga memiliki manfaat untuk merangsang produksi insulin di pankreas dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin. Sementara itu, *Pediococcus acidilactici* merupakan Bakteri Asam Laktat (BAL) yang dapat membantu menurunkan produksi sitokin pro-inflamasi seperti lipopolisakarida (LPS) dan meningkatkan sensitivitas sel terhadap hormon insulin. *Pediococcus acidilactici* juga berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas antioksidan dalam tubuh sehingga dapat

menekan kerusakan oksidatif. Sama seperti *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* juga memiliki kemampuan untuk mencegah kenaikan kadar gula darah secara drastis melalui jalur penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase (41).

Komposisi bakteri pada minuman JuwetCare juga membantu menurunkan kadar gula darah melalui mekanisme keseimbangan mikrobiota usus. Produk JuwetCare membantu meningkatkan bakteri baik di usus sehingga dapat mencegah penurunan SCFA butirat, peningkatan permeabilitas usus, perubahan pada kumpulan asam empedu, peningkatan *Branched-Chain Amino Acids* (BCAAs), dan peningkatan produksi sitokin pro-inflamasi seperti lipopolisakarida (LPS). Kondisi ini akan membantu meningkatkan sensitivitas insulin dan mengurangi inflamasi. Selain komposisi bakteri, buah juwet sendiri memiliki banyak manfaat bagi penderita T2DM. Buah juwet memiliki efek pada peningkatan sensitivitas sel terhadap hormon insulin, bersifat sebagai antioksidan, perbaikan profil lipid, penurunan stres oksidatif, dan penurunan hingga penstabilan kadar gula darah. Efek-efek tersebut tidak terlepas dari kandungan senyawa aktif dalam buah juwet seperti flavonoid, polifenol, tanin, terpenoid, saponin, quercetin, kaempferol, eugenol, antosianin, dan asam jambolat. Kandungan mineral dan serat yang tinggi juga turut berperan dalam banyaknya manfaat buah juwet bagi penderita T2DM (17).

##### **4.4.2 Bagi Sosial-Ekonomi**

Minuman probiotik buah juwet tidak hanya memiliki manfaat kesehatan, tetapi juga dapat berdampak positif dalam bidang sosial-ekonomi, seperti pembangunan ekonomi lokal, pemberdayaan masyarakat, dan pengembangan industri. Minuman probiotik dapat memberikan kesempatan kerja bagi masyarakat, baik dalam hal penanaman buah juwet, pengolahan minuman, hingga proses distribusi. Hal ini tentu dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan ekonomi masyarakat melalui peluang usaha industri mikro minuman probiotik karena proses pembuatannya yang sederhana serta kemudahan akses bahan pangan dan *starter* bakteri lokal. Selain itu, melalui promosi dan pendidikan tentang manfaat minuman probiotik buah juwet, masyarakat dapat meningkatkan



kesadaran akan pentingnya pola makan yang sehat terutama dalam mencegah penyakit T2DM. Pengetahuan ini dapat mengarah pada perubahan perilaku konsumen menuju gaya hidup yang lebih sehat dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

## 5. KESIMPULAN

Minuman JuwetCare merupakan salah satu produk pangan fungsional berupa minuman probiotik yang menggunakan bahan-bahan lokal, yaitu buah juwet serta bakteri lokal *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici*. Adanya minuman JuwetCare ini dapat meningkatkan sensitivitas insulin, bersifat sebagai antioksidan, memperbaiki profil lipid, menurunkan stres oksidatif, menstabilkan kadar gula darah, hingga memperbaiki komposisi mikrobiota usus pada penderita T2DM. JuwetCare diharapkan mampu menjadi inovasi pangan fungsional berbasis buah lokal yang dapat membantu penderita T2DM dalam menjaga kadar gula darah dan komposisi mikrobiota usus.

## 6. SARAN

Minuman JuwetCare sebagai minuman probiotik berpotensi dalam meningkatkan kesehatan pada penderita T2DM. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan mengeksplorasi secara mendalam variasi terkait formulasi minuman JuwetCare untuk mengoptimalkan kandungan bakteri asam laktat dan meningkatkan stabilitas produk. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek penurunan kadar gula darah setelah mengonsumsi minuman probiotik JuwetCare untuk mengetahui tingkat efektivitas produk dalam menurunkan kadar gula darah pada penderita T2DM, serta untuk mengetahui apakah ada alergi atau efek samping yang ditimbulkan setelah mengonsumsi minuman probiotik JuwetCare.

Pertimbangan pengaruh jangka panjang terhadap konsumsi minuman probiotik JuwetCare terhadap parameter kesehatan lainnya, mekanisme kerja minuman probiotik JuwetCare dalam meningkatkan kesehatan usus pada penderita T2DM, serta potensi pengembangan produk dan strategi promosi kesehatan yang efektif juga dapat dikembangkan. Dengan demikian, penelitian

lanjutan dalam hal ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan kesehatan masyarakat, serta mendukung pertumbuhan industri pangan fungsional berbasis buah lokal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Wahidin, M., Achadi, A., Besral, B. Kosen, S., Nadjib, M., Nurwahyuni, A., Ronoatmodjo, S., Rahajeng, E., Pane, M., dan Kusuma, D. "Projection of Diabetes Morbidity and Mortality till 2045 in Indonesia based on Risk Factors and NCD Prevention and Control Programs". *Scientific Reports* 14 (2024): 5424. 21 November 2024. <<https://doi.org/10.1038/s41598-024-54563-2>>
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Data Penderita DM di Indonesia. Jakarta: Kemenkes RI, 2018. 1 April 2024. <[https://kesmas.kemkes.go.id/assets/uploader/dir\\_519d41d8cd98f00/files/Hasil-risikesdas-2018\\_1274.pdf](https://kesmas.kemkes.go.id/assets/uploader/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-risikesdas-2018_1274.pdf)>
3. Murtiningsih, M. K., Pandelaki, K., dan Sedli, B. P. "Gaya Hidup sebagai Faktor Risiko Diabetes Melitus Tipe 2". *E-Clinic* 9.2 (2021): 328.333. 21 November 2024. <<https://doi.org/10.35790/ecl.9.2.2021.32852>>
4. Mulyasari, N. I. P. dan Harsa, I. M. S. "Studi Literatur Hubungan antara Lamanya Menderita Diabetes Mellitus dengan terjadinya Neuropati Diabetik". *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma* (2023): 1-11. 21 November 2024. <<https://erepository.uwks.ac.id/13544/11/JURNAL.pdf>>
5. Susanto, D. A., Setyoko, A. T., Harjanto, S., dan Prasetyo, A. E. "Pengembangan Standar Nasional Indonesia (SNI) Pangan Fungsional untuk Membantu Mengurangi Risiko Obesitas". *Jurnal Standardisasi* 21.1 (2019): 31-44. 21 November 2024. <<https://js.bsn.go.id/index.php/standardisasi/article/viewFile/734/pdf>>
6. Avila, D.Z., Iksan, M., Khatimah, N.H., Alkhair, Darmin, dan Noris, M. *Pangan Fungsional Di Indonesia*. Edisi ke-1, PT. Bima: Narasi Kita Publishing, 2023. 2



- April 2024.  
<[https://www.researchgate.net/publication/377162265\\_PANGAN\\_FUNGSIONAL\\_INDONESIA](https://www.researchgate.net/publication/377162265_PANGAN_FUNGSIONAL_INDONESIA)>
7. Prawitasari, D.S. “Diabetes Melitus dan Antioksidan”. *KELUWIH: Jurnal Kesehatan Dan Kedokteran* 1.1 (2019):48–52. 5 April 2024. <<https://doi.org/10.24123/kesdok.V1i1.2496>>
8. Putriana, A., Pondini, D.A., Pitaloka, L. dan Hidayah, H. “Jamblang (*Syzygium cumini* (L.)): A Review of It’s Fruit and Medicinal Uses”. *Innovative: Journal Of Social Science Research* 3.2 (2023):7536–7543. 3 April 2024. <<https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/1235>>
9. Hidayah, H., Sinangling, B.A., Mulyawan, I. dan Kholisoh, T. “Aktivitas Kandungan Flavonoid Jamun (*Syzygium cumini*) sebagai Senyawa Anti Inflamasi.” *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research* 3.2 (2023):10790–10796. 1 April 2024. <<https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/1669>>
10. Hidayah H, Ridwanuloh D, Amal S. Aktivitas Farmakologi Tumbuhan Jamblang (*Syzygium cumini* L.): Literature Review Article. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia* 1.5 (2021): 530-6. 21 November 2024 <<https://cerdika.publikasiindonesia.id/index.php/cerdika/article/view/86>>
11. Martinez, J.L., Muñoz-Acevedo, A., dan Rai, M. *Ethnobotany: Application of Medicinal Plants*. 1st Edition. Boca Raton: CRC Press imprint of Taylor & Francis Group, 2019. 3 April 2024. <<https://www.routledge.com/Ethnobotany-Application-of-Medicinal-Plants/Martinez-Munoz-Acevedo-Rai/p/book/9780367780685>>
12. Farida, E., Lestari, Y.N.A., Susilo, M.T. dan Rachmawati, L. “Potensi Eksopolisakarida Bakteri Asam Laktat untuk Mencegah dan Mengendalikan Diabetes Mellitus Tipe 2”. *Bookchapter Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang* 2 (2022):70–100. 5 April 2024. <<https://doi.org/10.15294/km.v1i2.75>>
13. Griana T. P., dan Kinasih L. S. “Potensi Makanan Fermentasi Khas Indonesia Sebagai Imunomodulator”. *Prosiding Seminar Nasional Biologi* 6.1 (2020): 401–412. 22 November 2024. <<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/article/view/15939>>
14. Ardilla, Y.A., Anggreini, K.W., Puri, T. dan Rahmani, D. “Peran Bakteri Asam Laktat Indigen Genus *Lactobacillus* Pada Fermentasi Buah Durian (*Durio zibethinus*) Sebagai Bahan Pembuatan Tempoyak”. *Berkala Ilmiah Biologi* 13.2 (2022):42–52. 5 April 2024. <<https://journal.ugm.ac.id/v3/bib/article/download/4619/1873>>
15. Pratiwi, E.R., Suryani, E.M., Al Batati, N., Prasetya, I.A.W., Tejamaya, A.S. dan Firamadhani, N.N. “Pengenalan Produk Bioteknologi Yoghurt sebagai Minuman Probiotik Bagi Siswa Sekolah Menengah Atas di Sidoarjo”. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ* 11.1 (2024):58–64. 5 April 2024. <<https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/ppkm/article/view/6322/2936>>
16. Hariyadi, P. “Tantangan 2024: Urgensi Transformasi Sistem Pangan”. *Foodreview Indonesia* 19.1 (2024): 23-33. 21 November 2024. <<https://phariyadi.foodreview.co.id/wp-content/uploads/2024/06/Hariyadi-P.-2021.-1-Tantangan-2024-Urgensi-Transformasi-Sistem-Pangan.pdf>>
17. Laudy, N. P., Atiqah, R. F., Fadlika, R., dan Rizqoh, D. “Hubungan antara Ketidakseimbangan Komposisi Mikrobiota Usus terhadap Gangguan Kesehatan: Telaah Literatur”. *Jurnal Medika Malahayati* 8.2 (2024): 397-410. 22 November 2024 <<https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/medika/article/viewFile/14796/pdf>>
18. Bielka, W., Przekaz, A., dan Pawlik, A. “The Role of the Gut Microbiota in the Pathogenesis of Diabetes”. *Molecular Science* 23.1 (2022):480. 8 April 2024. <<https://www.mdpi.com/1422-0067/23/1/480>>
19. Jaya, I.M.M. “Potensi Sari Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*. L)



- sebagai Terapi Adjuvan Retinopati Diabetes". *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada* 8.2 (2019):261–264. 4 April 2024. <<https://akper-sandikarsa.e-journal.id/JIKSH/article/view/165>>
20. Naim, M. dan Hisani, W. "Identifikasi dan Karakterisasi Jenis Juwet (*Syzygium cumini*) pada Berbagai Daerah di Sulawesi Selatan". *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan* 6.3 (2018):76–88. 9 April 2024. <<https://journal.uncp.ac.id/index.php/perbal/article/view/1098>>
  21. Palmolina, M. dan Fauziyah, E. "Construction of Local Wisdom of the Community Forest Farmer in the Utilization of Duwet (*Syzygium cumini* Linn)". *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 15.1 (2018):1–13. 5 April 2024. <<https://doi.org/10.20886/jpsek.2018.15.1.1-13>>
  22. Hajrin, W., Budastra, W.C.G., Juliantoni, Y. dan Subaidah, W.A. "Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan Ekstrak Sari Buah Juwet (*Syzygium cumini*) menggunakan metode Gelasi Ionik: Formulation and characterization of Chitosan Nanoparticle of Juwet (*Syzygium cumini*) Fruit Extract Using Ionic Gelation Method". *Jurnal Sains dan Kesehatan* 3.5 (2021):742–749. 5 April 2024. <<https://jsk.farmasi.unmul.ac.id/index.php/jsk/article/view/614>>
  23. Anggraini, A. "Manfaat Antioksidan Daun Salam Terhadap Kadar Glukosa Darah dan Penurunan Apoptosis Neuron di Hippocampus Otak Tikus yang Mengalami Diabetes". *Jurnal Medika Utama* 2.1 (2020):349–355. 4 April 2024. <<https://jurnalmedikahutama.com/index.php/JMH/article/view/88>>
  24. Sukarno, D.A. "Pengaruh Latihan Fisik terhadap Perbaikan Resistensi Insulin". *Keluwih: Jurnal Kesehatan dan Kedokteran* 2.2 (2021):108–112. 6 April 2024. <<https://doi.org/10.24123/kesdok.V2i2.4033>>
  25. Indrisari, M. dan Zulham, Z. "Antihyperglycemic Activity of Various Extracts of Jamblang (*Syzygium cumini*) on White Rat." *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences* 2.2 (2018):81–84. 10 April 2024. <<https://www.jpms-stifa.com/index.php/jpms/article/view/53>>
  26. Shivanand, P., Arbie, N.F., Krishnamoorthy, S. dan Ahmad, N. "Agarwood-the Fragrant Molecules of a Wounded Tree." *Molecules* 27.11 (2022):14–23. 6 April 2024. <<https://www.mdpi.com/1420-3049/27/11/3386>>
  27. Budianto, R.E., Linawati, N.M., Arijana, I.G.K.N., Wahyuniari, I.A.I. dan Wiryawan, I.G.N.S. "Potensi Senyawa Fitokimia pada Tumbuhan dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah pada Diabetes Melitus: Potential of Phytochemical Compounds in Plants in Lowering Blood Glucose Levels in Diabetes." *Jurnal Sains dan Kesehatan* 4.5 (2022):548–556. 5 April 2024. <<https://jsk.farmasi.unmul.ac.id/index.php/jsk/article/view/1259>>
  28. Sari, E.P., Junaidi, E. dan Fatmawati, H. "The Effect of Purple Sweet Potato Extract on The Circulating Endothelial Cell (CEC) Levels in Rat Model of Diabetes." *Journal of Agromedicine and Medical Sciences* 3.2 (2017):47–52. 8 April 2024. <<https://doi.org/10.19184/ams.v3i2.5070>>
  29. Situmeang, B., Suparman, A.R., Kadarusman, M., Parumbak, S. dan Herlina, T. "Isolation of Triterpenoid Compound from Ethyl Acetate Extract of Pirdot." *Jurnal Kimia VALENSI* 4 (2018):93–97. 2 April 2024. <<https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi/article/view/7272>>
  30. Soviana, E. dan Maenasari, D. "Asupan Serat, Beban Glikemik Dan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2." *Jurnal Kesehatan* 12.1 (2019):19–29. 12 April 2024. <<https://journals.ums.ac.id/index.php/JK/article/view/8936>>
  31. Sadri, H., Larki, N.N. dan Kolahian, S. "Hypoglycemic and Hypolipidemic Effects of Leucine, Zinc, and Chromium, Alone and in Combination, in Rats with Type 2 Diabetes." *Biological trace element research* 180 (2017):246–254. 3 April 2024.



- <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28409409/>>
32. Yu, X., Guan, P.P., Zhu, D., Liang, Y.Y., Wang, T., Wang, Z.Y. dan Wang, P. "Magnesium ions inhibit the expression of tumor necrosis factor  $\alpha$  and the activity of  $\gamma$ -secretase in a  $\beta$ -amyloid protein-dependent mechanism in APP/PS1 transgenic mice." *Frontiers in Molecular Neuroscience* 11.172 (2018):1–12. 7 April 2024.  
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29899688/>>
33. Syamsi, L., Ratih, D., dan Abidillah, S. "Efek Potensial Moringa Oleifera pada Infeksi COVID-19." *Malahayati Nursing Journal* 5.3 (2023):774–787. 4 April 2024.  
<<https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/manuju/article/view/8144>>
34. Adelina, R. "Simulasi Docking Molekuler Senyawa Potensial Tanaman Justicia gendarussa Burm. f. Sebagai Antidiabetes Molecular Docking Simulation Of Justicia Gendarussa As Antidiabetic." *Buletin Penelitian Kesehatan*. 48.2 (2020):117–122. 9 April 2024. <<http://ejournal2.bkpk.kemkes.go.id/index.php/bpk/article/view/3139>>
35. Lisdiana, L. dan Nuraini, N. Potensi Eugenol sebagai Agen Proteksi Kerusakan Struktur Paru Akibat Paparan Asap Rokok. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* 41.2 (2018):87–95. 2 April 2024.  
<<https://journal.unnes.ac.id/nju/JM/article/view/16748>>
36. Natania, Susanto, M., dan Cahyana, A.H. "Pengaruh Fermentasi Bakteri Asam Laktat terhadap Aktivitas Antioksidan dan Kadar Antosianin Buah Duwet (*Syzygium cumini*)."  
*FaST: Jurnal Sains dan Teknologi* 3.2 (2019):17–26. 7 April 2024.  
<<https://ojs.uph.edu/index.php/FaSTJST/article/view/1960>>
37. Pangaribuan, J.F., Nocianitri, K.A., dan Darmayanti, L.P.T. "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Minuman Probiotik Sari Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) dengan Isolat *Lactobacillus rhamnosus* SKG34." *Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 11.4 (2022):699–711. 5 April 2024.  
<<https://jurnal.harianregional.com/itepa/id-97578>>
38. Asmaul, R dan Karyanto, Y. "Pemanfaatan Larutan Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis untuk Meningkatkan Umur Simpan pada Cumi-Cumi." *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* 21.1 (2022):32–36. 8 April 2024.  
<<https://doi.org/10.33508/jtpg.v21i1.3696>>
39. Wulandari, A., Arifuddin, M., dan Sastyarina, Y. "Pengaruh Waktu Fermentasi Sari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap Total Bakteri Asam Laktat (BAL)." *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences* 14.1 (2021):14–19. 11 April 2024.  
<<https://doi.org/10.25026/mpc.v14i1.545>>
40. Pinem, S. dan Damayanti, E. "Kualitas Dadih Susu Sapi Dan Susu Kambing dengan Fermenter Tabung Bambu." *Jurnal Jeumpa* 7.1 (2020):371–378. 4 April 2024.  
<<https://doi.org/10.33059/jj.v7i1.>>
41. Cabello-Olmo, M., Oneca, M., Urtasun, R., Pajares, M.J., Goñi, S., Riezu-Boj, J.I., Milagro, F.I., Ayo, J., Encio, I.J., Barajas, M. dan Araña, M. "Pediococcus acidilactici pA1c® Improves the Beneficial Effects of Metformin Treatment in Type 2 Diabetes by Controlling Glycaemia and Modulating Intestinal Microbiota." *Pharmaceutics* 15.4 (2023):1203. 6 April 2024.  
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37111688/>>