

**PEMANFAATAN BONGGOL NANAS (*Ananas comosus*
(L) Merr.) MELALUI HIDROLISIS ENZIMATIK DAN
FERMENTASI MIKROBA SEBAGAI KANDIDAT
PEMANIS RENDAH KALORI**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



Disusun oleh:
Fatkhya Rahmawati Fauziah Hidayat
(21106040059)

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

2026

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-340/Un.02/DST/PP.00.9/02/2026

Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Melalui Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FATKHIYA RAHMAWATI FAUZIAH HIDAYAT
Nomor Induk Mahasiswa : 21106040059
Telah diujikan pada : Jumat, 23 Januari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



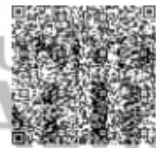
Ketua Sidang
Dian Aruni Kumalawati, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 698fed8e1d8e



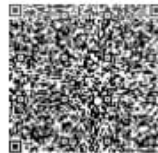
Penguji I
Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 697e999087c73



Penguji II
Lela Snsilawati, S.Pd., M.Si., PhD.
SIGNED

Valid ID: 697adc896a28f



Yogyakarta, 23 Januari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 698e98ccae46

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fatkhiya Rahmawati Fauziah Hidayat
NIM : 21106040059
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) melalui Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Januari 2026



Fatkhiya Rahmawati Fauziah Hidayat
NIM. 21106040059

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/RO

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Fatkhiya Rahmawati Fauziah Hidayat

NIM : 21106040059

Judul Skripsi : Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) melalui Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 12 Januari 2026

Pembimbing

Dian Aruni Kumalawati, M.Sc.

NIP. 19850509 201903 2 009

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan karya ini kepada kedua orang tua dan diri penulis sendiri. Terima kasih atas semua pengorbanan dan perjuangan untuk kedua orang tua penuls.

Terima kasih diri sendiri karena sudah bertahan dengan usaha semaksimal mungkin.



HALAMAN MOTTO

'Driven by hard work, sustained by faith.'

(Fatkhya Rahma)



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) melalui Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Proses penyusunan skripsi ini bukanlah perjalanan yang mudah. Berbagai tantangan, keterbatasan, dan keraguan sempat menyertai setiap tahap penelitian hingga penulisan. Namun, berkat doa, dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak, penulis mampu melewati setiap proses tersebut hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan ketulusan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa yang tidak pernah putus, dukungan moral yang tiada henti, serta kasih sayang dan motivasi yang selalu menguatkan penulis dalam setiap keadaan.
2. Ibu Dian Aruni Kumalawati, M.Sc., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, kesabaran, dan perhatian yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, M.Si., serta seluruh dosen Program Studi Biologi yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta inspirasi selama masa perkuliahan.
4. Ibu Anif, Ibu Ethik, dan Bapak Dony, atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.
5. Muhammad Yasin Al-Fath dan Fasya Fatima Anggraeni, atas bantuan, diskusi, dan kebersamaan selama proses penelitian yang penuh dinamika.
6. Sahabat-sahabat penulis, Aulia Nurrohmah, S.Si., Khoirunnisa Ichlasul Amal, dan Susanti Maharani Karalo, S.Si., yang selalu hadir dalam suka

maupun duka, menjadi tempat pulang saat lelah, dan pengingat bahwa perjuangan ini tidak dijalani sendirian.

7. Teman-teman Biologi angkatan 2021, serta kakak tingkat dan adik tingkat di Program Studi Biologi, atas kebersamaan, dukungan, dan cerita yang menjadi warna dalam perjalanan akademik ini.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan doa, bantuan, dan dukungan dalam berbagai bentuk.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Biologi.

Yogyakarta, 09 Januari 2026



Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) Melalui Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori

Fatkhiya Rahmawati Fauziah Hidayat
21106040059

ABSTRAK

Limbah bonggol nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan hasil samping agroindustri yang belum dimanfaatkan secara optimal. Bonggol nanas memiliki kandungan lignoselulosa dan gula yang berpotensi sebagai bahan baku pemanis rendah kalori. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan membandingkan senyawa hasil fermentasi bonggol nanas menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* sebagai kandidat pemanis rendah kalori. Bonggol nanas terlebih dahulu dihidrolisis secara enzimatik menggunakan enzim selulase kemudian difermentasi secara terpisah oleh masing-masing mikroba. Hasil fermentasi dimurnikan dan dianalisis menggunakan *Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry* (LC-HRMS). Hasil analisis menunjukkan bahwa fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan senyawa trehalosa sebagai metabolit utama. Sementara itu, fermentasi oleh *Lactobacillus plantarum* menghasilkan senyawa aspartyl-phenylalanine serta trehalosa dalam jumlah terbatas. Trehalosa memiliki tingkat kemanisan lebih rendah dibandingkan sukrosa namun memberikan respons glikemik yang lebih ringan, sedangkan aspartyl-phenylalanine merupakan senyawa dipeptida dengan intensitas kemanisan tinggi dan kandungan kalori rendah. Berdasarkan hasil tersebut, limbah bonggol nanas berpotensi dikembangkan sebagai sumber bahan baku pemanis rendah kalori melalui pendekatan bioproses berbasis hidrolisis enzimatik dan fermentasi mikroba.

Kata Kunci: Bonggol Nanas, Fermentasi, Pemanis, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*

Utilization of Pineapple Core (*Ananas comosus* (L.) Merr.) through Enzymatic Hydrolysis and Microbial Fermentation as a Low-Calorie Sweetener Candidate

Fatkhiya Rahmawati Fauziah Hidayat
21106040059

ABSTRACT

Pineapple core waste (*Ananas comosus* (L.) Merr.) is an underutilized agro-industrial by-product despite its high lignocellulosic and sugar content, which indicates potential as a raw material for low-calorie sweeteners. This study aimed to identify and compare compounds produced through microbial fermentation of pineapple core using *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* as potential low-calorie sweeteners. Pineapple core powder was subjected to enzymatic hydrolysis using cellulase, followed by separate fermentation processes employing each microorganism. The fermentation products were purified and analyzed using Liquid Chromatography–High Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS). The results showed that fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* predominantly produced trehalosa as the main metabolite. In contrast, fermentation with *Lactobacillus plantarum* resulted in the formation of aspartyl-phenylalanine along with a limited amount of trehalosa. Trehalosa exhibits lower sweetness compared to sucrose but provides a milder glycemic response, while aspartyl-phenylalanine is a dipeptide compound with high sweetness intensity and low caloric value. These findings indicate that pineapple core waste has promising potential as a raw material for the production of low-calorie sweeteners through enzymatic hydrolysis and microbial fermentation-based bioprocesses.

Key words: Pineapple Core, Fermentation, Low-calorie Sweetener, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Potensi dan Pemanfaatan Bonggol Nanas.....	5
B. Hidrolisis Enzimatik Bonggol Nanas.....	6
C. Fermentasi Mikroba dalam Produksi Pemanis Rendah Kalori	8
D. Pemanis Rendah Kalori.....	11
E. Metode Deteksi Senyawa Kandidat Pemanis Rendah Kalori	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
A. Tempat dan Waktu Penelitian	16
B. Alat dan Bahan.....	16
C. Prosedur Kerja.....	16
D. Analisis Data	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
A. Hidrolisis Enzimatik.....	20
B. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
C. <i>Lactobacillus plantarum</i>	25
D. Perbedaan Jalur Metabolisme <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Lactobacillus plantarum</i>	30
E. Perbandingan Potensi Senyawa Hasil Fermentasi sebagai Pemanis Rendah Kalori.....	32
BAB V PENUTUP.....	34
A. Simpulan	34
B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	45
<i>CURRICULUM VITAE</i>.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur selulosa.....	20
Gambar 2 Proses hidrolisis enzimatik.....	21
Gambar 3 Hasil LC-HRMS fermentasi bonggol nanas dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
Gambar 4 Struktur ikatan trehalosa.....	23
Gambar 5 Jalur metabolisme trehalosa	23
Gambar 6 Hasil analisis LC-HRMS senyawa aspartyl-phenylalanine pada fermentasi dengan <i>Lactobacillus plantarum</i>	25
Gambar 7 Hasil analisis LC-HRMS senyawa trehalosa pada fermentasi dengan <i>Lactobacillus plantarum</i>	25
Gambar 8 Struktur aspartyl-phenylalanine	26
Gambar 9 Jalur metabolisme L-phenylalanine	27
Gambar 10 Jalur metabolisme protease aspartate.....	28



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses penelitian di Laboratorium.....	45
Lampiran 2. Hasil LC-HRMS fermentasi dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Lactobacillus plantarum</i>	47
Lampiran 3. Tabel 1. Hasil analisis LC-HRMS fermentasi dengan <i>Lactobacillus plantarum</i>	48
Lampiran 4. Tabel 2. Hasil analisis LC-HRMS fermentasi dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	51



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan potensi besar dalam pengembangan nanas sebagai salah satu komoditas unggulan sub-sektor hortikultura (Shidiq *et al.*, 2022). Nanas menyumbang sebesar 8% dari total produksi buah segar di dunia (Yudha & Rachmadina, 2023). Tanaman nanas memiliki pola persebaran hampir merata di seluruh wilayah Indonesia yang mana ditunjang oleh keragaman agroklimat untuk mendukung pertumbuhannya (Shidiq *et al.*, 2022). Permintaan terhadap buah nanas, baik olahan maupun segar, terus meningkat sehingga memberikan prospek yang baik pada pengolahannya. Hal ini berpotensi untuk meningkatkan nilai ekonomi masyarakat (Sari & Anggraini, 2023).

Secara umum, buah nanas hanya dimanfaatkan sekitar 53% sementara sisanya menjadi limbah (Sari & Anggraini, 2023). Produksi buah nanas menghasilkan limbah padat yakni kulit dan bonggol yang mencapai 48,6% dari total berat buah (Marlina *et al.*, 2018). Bonggol nanas adalah salah satu limbah tanaman nanas yang belum digunakan sepenuhnya, meskipun bagian ini mengandung banyak bahan aktif (Juariah & Wati, 2020). Banyaknya limbah buah yang dihasilkan memberikan tiga dampak aspek utama, yaitu dampak terhadap lingkungan, kesehatan, dan ekonomi dalam konteks sosial. Oleh sebab itu sangat penting untuk menemukan solusi untuk masalah limbah bonggol nanas karena dampak negatifnya dan limbah ini hanya dibuang begitu saja (Roswita *et al.*, 2022).

Limbah nanas, yang biasanya dibuang setelah pemanenan, memiliki potensi yang besar sebagai sumber alternatif untuk pemanis rendah kalori. Nanas memiliki kandungan antioksidan dan berbagai senyawa polifenol, termasuk vitamin C yang berpotensi untuk mencegah penyakit tidak menular seperti diabetes (Kumalawati *et al.*, 2022). Dalam bonggol nanas, terdapat kandungan gula pereduksi 16,1%, disakarida 6,12%, dan protein 1,05% (Fajri

et al., 2017). Kandungan gizi bonggol nanas termasuk tanin, flavonoid, dan enzim bromelin yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Nugraha *et al.*, 2021). Bromelain merupakan enzim protease dari nanas yang memiliki manfaat komersial dari industri dan mempunyai fungsi terapeutik, termasuk antitumor, antiinflamasi, modulasi imunitas, serta mendukung kesehatan kardiovaskular (Monica *et al.*, 2024; Roswita *et al.*, 2022).

Limbah bonggol nanas seringkali dianggap sebagai permasalahan yang harus diatasi oleh industri dan petani. Hasil penelitian pendahuluan limbah bonggol nanas yakni digunakan sebagai bahan pembuatan sirup sebab memiliki kandungan gula (Fajri *et al.*, 2017). Selain itu, penelitian dari Roswita *et al.* (2022) bonggol nanas dimanfaatkan menjadi serbuk instan minuman yang dilakukan oleh UMKM kue kering (Roswita *et al.*, 2022). Dengan penanganan limbah yang tepat, tidak hanya mengurangi volume limbah namun menciptakan peluang untuk mengembangkan produk yang mampu meningkatkan nilai ekonomi.

Salah satu pendekatan yang banyak dikaji dalam pemanfaatan limbah pertanian adalah melalui proses hidrolisis dan fermentasi mikroba. Proses fermentasi mikroba dapat mengonversi senyawa kompleks menjadi berbagai metabolit yang memiliki nilai fungsional, termasuk senyawa yang berpotensi digunakan sebagai pemanis rendah kalori. Beberapa penelitian melaporkan bahwa limbah bonggol nanas dapat diolah melalui kombinasi proses hidrolisis dan fermentasi untuk menghasilkan senyawa pemanis rendah kalori, seperti xylitol, dengan jenis senyawa yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh mikroorganisme dan kondisi fermentasi yang digunakan (Mardawati *et al.*, 2022). Xylitol merupakan salah satu contoh pemanis rendah kalori yang banyak dimanfaatkan dalam industri pangan dan farmasi karena memiliki tingkat kemanisan mendekati sukrosa dengan kandungan kalori yang lebih rendah.

Pemanis rendah kalori merupakan kelompok senyawa yang dikembangkan sebagai alternatif pengganti gula konvensional seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan. Berbagai jenis

pemanis rendah kalori dapat berasal dari senyawa yang berbeda, seperti gula alkohol, disakarida tertentu, maupun senyawa peptida. Gula alkohol, seperti xylitol, sorbitol, dan erythritol, merupakan salah satu contoh pemanis rendah kalori yang berasal dari reduksi gula dan memiliki kandungan kalori lebih rendah dibandingkan sukrosa (Godswill, 2017). Penggunaan pemanis rendah kalori dinilai mampu membantu mengurangi asupan kalori serta berpotensi mendukung pengelolaan konsumsi gula, terutama pada produk pangan fungsional (Grembecka, 2015; Kleiner, 2016).

Proses fermentasi oleh mikroba dipengaruhi oleh mikroorganisme, substrat, serta kondisi fermentasi. Selain gula alkohol, fermentasi dengan mikroba dapat menghasilkan disakarida dan senyawa peptida yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pemanis rendah kalori. Oleh sebab itu, identifikasi senyawa hasil fermentasi diperlukan untuk memahami profil metabolit yang terbentuk dan menilai potensi pemanfaatannya.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan limbah bonggol nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) melalui hidrolisis enzimatis dan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum*. Penelitian difokuskan pada identifikasi dan perbandingan senyawa hasil fermentasi menggunakan metode LC-HRMS sebagai kandidat pemanis rendah kalori.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diambil adalah:

1. Senyawa apa yang teridentifikasi sebagai hasil fermentasi substrat bonggol nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) melalui proses hidrolisis enzimatis dan fermentasi mikroba?
2. Bagaimana potensi senyawa hasil fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan *Lactobacillus plantarum* sebagai pemanis rendah kalori?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian mengenai 'Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) melalui Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori' adalah:

1. Mengidentifikasi senyawa hasil fermentasi bonggol nanas oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* menggunakan LC-HRMS.
2. Mengetahui potensi senyawa hasil fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* sebagai kandidat pemanis rendah kalori.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian berjudul 'Pemanfaatan Bonggol Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) melalui Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi Mikroba sebagai Kandidat Pemanis Rendah Kalori' adalah:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa bonggol buah nanas dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan pemanis rendah kalori
2. Sebagai dasar untuk industri pangan pada pengembangan produk pemanis rendah kalori menggunakan limbah khususnya bonggol nanas.
3. Meningkatkan efisiensi pada pemanfaatan sumber daya alam sekaligus untuk mendukung SDGs (*Sustainable Development Goals*) khususnya pada pengembangan inovasi dan pengelolaan limbah industri.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan bonggol nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) melalui proses hidrolisis enzimatis dan fermentasi mikroba, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil analisis LC-HRMS, proses hidrolisis enzimatis bonggol nanas yang dilanjutkan dengan fermentasi mikroba terbukti menghasilkan senyawa yang berpotensi sebagai pemanis rendah kalori. Fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan senyawa trehalosa sebagai metabolit utama. Sementara itu, fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* menghasilkan senyawa aspartyl-phenylalanine serta trehalosa. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis mikroorganisme fermentasi berpengaruh terhadap profil senyawa yang dihasilkan dari substrat bonggol nanas.
2. Senyawa trehalosa yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* memiliki tingkat kemanisan lebih rendah dibandingkan sukrosa, namun menunjukkan karakteristik stabil dan respons glikemik yang lebih ringan, sehingga berpotensi digunakan sebagai pemanis rendah kalori. Selanjutnya, aspartyl-phenylalanine yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarum* merupakan senyawa dipeptida dengan intensitas kemanisan tinggi dan kandungan kalori yang rendah, sehingga memiliki potensi yang lebih besar sebagai pemanis rendah kalori. Berdasarkan perbandingan tersebut, fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* menghasilkan senyawa dengan potensi kemanisan lebih tinggi, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan senyawa yang lebih unggul dari segi kestabilan dan respons metabolik.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan ekstraksi lanjutan untuk memperoleh trehalosa dan aspartyl phenylalanine dalam bentuk senyawa murni agar dapat digunakan secara efektif dalam suatu produk.



DAFTAR PUSTAKA

- Aceña, J., Stampachiachiere, S., Pérez, S., & Barceló, D. (2015). Advances in liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry for quantitative and qualitative environmental analysis. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 407(21), 6289–6299. <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8852-6>
- Ahmad, Z. S., & Abdul Munaim, M. S. (2019). Response surface methodology based optimization of sorbitol production via solid state fermentation process. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(2), 150–154. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.12.002>
- Andersen, S. S. H., Zhu, R., & Kjølbaek, L. (2023). *Oxidation, Energy Expenditure, and Catecholamines in Humans — A Systematic Review*.
- Ardi, J., Akrinisa, M., & Arpah, M. (2019). Keragaman Morfologi Tanaman Nanas (Ananas Comosus (L) Merr) Di Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Agro Indragiri*, 4(1), 34–38. <https://doi.org/10.32520/jai.v4i1.1052>
- Auliya, A., Kartika, A. T., Eftiwin, L., Istiana, I., Sopiah, S., & Latipah, N. (2020). Pengaruh Penambahan Bonggol Nanas Pada Susu Kacang Hijau. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 2(3), 205–209. <https://doi.org/10.25026/jsk.v2i3.157>
- Burek, M., Waskiewicz, S., Wandzik, I., & Kaminska, K. (2015). Trehalosa – properties, biosynthesis and applications. *CHEMIK*, 8, 473–476.
- Chao, Y. P., Lo, T. E., & Luo, N. S. (2000). Selective production of L-aspartic acid and L-phenylalanine by coupling reactions of aspartase and aminotransferase in *Escherichia coli*. *Enzyme and microbial technology*, 27(1-2), 19-25.
- Chen, A., & Gibney, P. A. (2023). Dietary Trehalosa as a Bioactive Nutrient. *Nutrients*, 1–11. <https://doi.org/10.3390/nu15061393>
- da Silva Sabo, S., Vitolo, M., González, J. M. D., & de Souza Oliveira, R. P. (2014). Overview of *Lactobacillus plantarum* as a promising bacteriocin producer among lactic acid bacteria. *Food Research International*, 64, 527-536
- Dąbkowska-Susfał, K., Antczak, A., Akus-Szylberg, F., & Zawadzki, J. (2025). Enzymatic Hydrolysis of Pretreated Lignocellulosic Feedstocs Improved by Membrane Separation. *Drewno*, 68(215). <https://doi.org/10.53502/wood-199839>

- Dabkowska, K., Mech, M., Kopeć, K., & Pilarek, M. (2017). Enzymatic activity of some industrially-applied cellulolytic enzyme preparations. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 24(1), 9–18. <https://doi.org/10.1515/eces-2017-0001>
- Djunaidy, V. P., Putri, D. K. T., & Setyawardhana, R. H. D. (2020). DENTIN JURNAL KEDOKTERAN GIGI PENGARUH KITOSAN SISIK IKAN HARUAN (*Channa striata*) TERHADAP JUMLAH KOLONI INTERAKSI *Streptococcus sanguinis* DAN *Streptococcus mutans* SECARA IN VITRO. *DENTIN*, IV(3), 100–110.
- Doueihy, N. El, Ghaleb, J., Kfoury, K., Khouzami, K. K., Nassif, N., Attieh, P., Ghadieh, H. E., Azar, S., Kanaan, A., & Harb, F. (2025). Aspartame and Human Health: A Mini-Review of Carcinogenic and Systemic Effects. *Xenobiotics*, 15(114), 1–14.
- Dragomir, N., Grigore, D., & Pogurschi, E. N. (2025). *Beyond Sugar : A Holistic Review of Sweeteners and Their Role in Modern Nutrition*.
- Duong, T., Barrangou, R., Russell, W. M., & Klaenhammer, T. R. (2006). Characterization of the *tre* Locus and Analysis of Trehalose Cryoprotection in *Lactobacillus acidophilus* NCFM. 72(2), 1218–1225. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.2.1218>
- Evans, T. D., Jeong, S., Ajam, A., Jr, C. C., Huang, J., Zhang, X., Javaheri, A., Cho, J., Lodhi, I. J., & Razani, B. (2025). Assessing the efficacy of the natural disaccharide trehalose in ameliorating diet-induced obesity and metabolic dysfunction. *Frontiers in Nutrition*, June, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1580684>
- Fajri, A., Herawati, N., & Yusmarini. (2017). Penambahan Karagenan pada Pembuatan Sirup dari Bonggol Nanas. *Jom FAPERTA*, 4(2), 1–12.
- Garcia-Seval, V., Saurina, J., Sentellas, S., & Nunez, O. (2022). Characterization and Classification of Spanish Honey by. *Molecules*.
- Gardner, C., Wylie-rosett, J., Gidding, S. S., Steffen, L. M., Johnson, R. K., Reader, D., Lichtenstein, A. H., & Jecfa, A. D. I. (2012). *AHA / ADA Scientific Statement Nonnutritive Sweeteners : Current Use and Health Perspectives A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Diabetes Association*. 509–519. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31825c42ee>

- Gibson, R. P., Turkenburg, J. P., Charnock, S. J., Lloyd, R., & Davies, G. J. (2002). Insights into trehalose synthesis provided by the structure of the retaining glucosyltransferase OtsA. *Chemistry & biology*, 9(12), 1337-1346.
- Gebremichael, B., Lassi, Z. S., Begum, M., Mittinty, M., & Zhou, S. (2023). Patterns and Predictors of Low-Calorie Sweetener Consumption during Pregnancy : Findings from a National Survey. *Nutrients*, 1–16.
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 241(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7>
- Godswill, A. C. (2017). Sugar Alcohols : Chemistry , Production , Health Concerns and Nutritional Importance. *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences, Technology & Engineering*, 3(April), 31–66. www.ijaar.org
- He, Y., Qin, Y., & Luo, X. (2025). *LC-HRMS Coupling to Feature-Based Molecular Networking to Efficiently Annotate Monoterpene Indole Alkaloids of *Alstonia scholaris**. 1–17.
- <https://www.biorender.com/template/mechanism-of-aspartyl-protease> diakses pada hari Senin, 12 Januari 2026
- <https://www.mycobank.org/page/Name%20details%20page/107934> diakses pada hari Senin, 12 Januari 2026
- <https://powo.science.kew.org/> diakses pada hari Senin, 12 Januari 2026
- <https://pathway.yeastgenome.org/YEAST/NEW-IMAGE?type=PATHWAY&object=TRESYN-PWY> diakses pada hari Minggu, 11 Januari 2026
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/L-Aspartyl-L-phenylalanine> diakses pada hari Senin, 12 Januari 2026
- Ilic, N., Milic, M., & Dimitrijevic-Brankovic, S. (2023). Cellulases : From Lignocellulosic Biomass to Improved Production. *Energies*, 16, 1–21.
- Iturriaga, G., Suárez, R., & Nova-franco, B. (2009). *Trehalosa Metabolism : From Osmoprotection to Signaling*. 3793–3810. <https://doi.org/10.3390/ijms10093793>

- Juariah, S., & Wati, D. (2020). Meditory EFEKTIFITAS EKSTRAK BONGGOL NANAS (*Ananas comosus* L . Merr) TERHADAP *Escherichia coli*. *Jurnal Meditary*, 8(5), 95–100.
- Jules, M., Guillou, V., Franc, J., & Parrou, J. (2004). Two Distinct Pathways for Trehalosa Assimilation in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(5), 2771–2778. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.5.2771>
- Kaur, R., Das, R., Tanwar, S., & Sajja, J. (2024). *Aspartame and the brain : a systematic review of neurological effects*. 12(8), 2977–2986.
- Khattab, S. M. R., Katahira, M., & Watanabe, T. (2025). Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol production from glycerol, xylose, acetic acid, and glucose. *Bioresource Technology*, 132921.
- Khazalina, T. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* in making halal products based on conventional biotechnology and genetic engineering. *Journal of Halal Product and Research*, 3(2), 88. <https://doi.org/10.20473/jhpr.vol.3-issue.2.88-94>
- Kleiner, L. (2016). Sugar Reduction in Confectionery and Related Applications. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 4(2). <https://doi.org/10.15406/JNHFE.2016.04.00125>
- Krieger-Weber, S., Heras, J. M., & Suarez, C. (2020). *Lactobacillus plantarum*, a new biological tool to control malolactic fermentation: A review and an outlook. *Beverages*, 6(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/beverages6020023>
- Kumalawati, D. A., Nurkolis, F., Wewengkang, D. S., Permatasari, H. K., Rotinsulu, H., Taslim, N. A., Joseph, V., & Samtiya, M. (2022). Anti-noncommunicable diseases attributes of pineapple (*Ananas comosus*): a concise review.
- Kumar, V. A., Kurup, R. S. C., Snishamol, C., & Prabhu, G. N. (2019). *Role of Cellulases in Food , Feed , and Beverage Industries*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3263-0>
- Ladero, V., Ramos, A., Wiersma, A., Goffin, P., Schanck, A., Kleerebezem, M., Hugenholtz, J., Smid, E. J., & Hols, P. (2007). High-level production of the low-calorie sugar sorbitol by *Lactobacillus plantarum* through metabolic engineering. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(6), 1864–1872.

<https://doi.org/10.1128/AEM.02304-06>

- Larasati, E. D., Driananta, R., Dewi, T., Zahirah, A., Rahmatullah, N., Herawati, N., Surabaya, U. N., & Ketintang, J. (2023). Selulosa dan glukosa. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 6(1), 1–10.
- Livesey, G. (2003). *Health potential of polyols as sugar replacers , with emphasis on low glycaemic properties*. 163–191.
- Magnuson, B. A., Carakostas, M. C., Moore, N. H., Poulos, S. P., & Renwick, A. G. (2016). *Biological fate of low-calorie sweeteners*. 74(11), 670–689. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw032>
- Mandujano-gonzález, V., Villa-tanaca, L., Anducho-reyes, M. A., & Mercado-flores, Y. (2016). Secreted fungal aspartic proteases : A review. *Revista Iberoamericana de Micología*, 33(2), 76–82.
- Mardal, M., Dalsgaard, P. W., Rasmussen, B. S., Linnet, K., & Mollerup, C. B. (2023). Scalable Analysis of Untargeted LC-HRMS Data by Means of SQL Database Archiving. *Analytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.2c03769>
- Mardawati, E., Hartono, A. T., Nurhadi, B., Fitriana, H. N., Hermiati, E., & Ermawar, R. A. (2022). Xylitol Production from Pineapple Cores (*Ananas comosus* (L.) Merr) by Enzymatic and Acid Hydrolysis Using Microorganisms *Debaryomyces hansenii* and *Candida tropicalis*. *Fermentation*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/fermentation8120694>
- Mardawati, E., Rahmah, D. M., Rachmadona, N., Saharina, E., Pertiwi, T. Y. R., Zahrad, S. A., Ramdhani, W., Srikandace, Y., Ratnaningrum, D., Endah, E. S., Andriani, D., Khoo, K. S., Pasaribu, K. M., Satoto, R., & Karina, M. (2023). Pineapple core from the canning industrial waste for bacterial cellulose production by *Komagataeibacter xylinus*. *Heliyon*, 9(11), e22010. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22010>
- Marlina, E. T., Harlia, E., & Hidayati, Y. A. (2018). Efektivitas Limbah Buah Nanas (*AnanasComosus*) Sebagai Desinfektan Alami Pada Milk Can Milk Cans. *Jurnal Ilmu Ternak*, 18(1), 60–64. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i1.19429>
- Martinello, M., Stella, R., Baggio, A., & Biancotto, G. (2022). LC-HRMS-Based Non-Targeted Metabolomics for the Assessment of Honey Adulteration with Sugar Syrups : A Preliminary Study. *Metabolites*.

- Melani, A. (2012). Fermentasi Limbah Buah Nanas Dengan *Sacharomyces Cereveceae* Menggunakan Proses Hidrolisis. *Berkala Teknik*, 2(4), 334–363.
- Melgar-Lalanne, G., Rivera-Espinoza, Y., & Hernández-Sánchez, H. (2012). *Lactobacillus plantarum*: An overview with emphasis in biochemical and healthy properties. *Lactobacillus: Classification, Uses and Health Implications*, March 2015, 1–34.
- Miller, P. E., & Perez, V. (2014). Low-calorie sweeteners and body weight and composition: a meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohort studies. *The American journal of clinical nutrition*, 100(3), 765-777
- Monica, D. T., Aprilya, R., & Anggun, S. (2024). Inovasi dan Karakteristik BAL Limbah Bonggol Nanas dalam Menghasilkan Enzim Bromelin. *Prosiding SEMNASBIO 2024*, 96–106.
- Narendranath, N. V., & Power, R. (2005). Relationship between pH and medium dissolved solids in terms of growth and metabolism of lactobacilli and *Saccharomyces cerevisiae* during ethanol production. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(5), 2239–2243. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2239-2243.2005>
- Nugraha, P. Y., Sri, E., Astuti, Y., & Shinta, N. M. (2021). Pineapple weevil extract (*Ananas Comosus* L . Merr) inhibits *S . mutans* in child dental caries. *Makassar Dental Journal*, 10(3), 273–278. <https://doi.org/10.35856/mdj.v10i3.464>
- Nugrahini, F. P., Sitompul, H., & Putra, D. R. (2016). Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Enzim Selulase Pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 8–16.
- Nwinyi, O. C., & Kalu, A. (2021). Sugar Alcohol- Xylitol Production Using *Saccharomyces* Species Isolated from Palm Wine for Sustainable Development in Food Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 665(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/665/1/012072>
- Oku, T., & Nakamura, S. (2000). Estimation of intestinal trehalase activity from a laxative threshold of trehalosa and lactulose on healthy female subjects. *European journal of clinical nutrition*, 54(10), 783–788. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601091>

- Popova-Krumova, P., Danova, S., Atanasova, N., & Yankov, D. (2024). Lactic acid production by *Lactiplantibacillus plantarum* AC 11S—Kinetics and modeling. *Microorganisms*, 12(4), 739.
- Prasuna, M. L., Mujahid, M., Sasikala, C., & Ramana, C. V. (2012). L-Phenylalanine catabolism and L-phenyllactic acid production by a phototrophic bacterium, *Rubrivivax benzoatilyticus* JA2. *Microbiological Research*, 167(9), 526-531.
- Punyanunt, S., Nanta, P., & Puttipan, R. (2025). Green-Chemical Nanofibrillated Cellulose from Pineapple Cores using Microfluidization. *Trends In Sciences*, 22(2).
- Purnamasari, E., Yerizel, E., & Efrida. (2014). Artikel Penelitian Pengaruh Pemberian Aspartam terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Diabetes Melitus Diinduksi Aloksan. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(3), 370–375.
- Puspita, D., Nadia, E., Immanuel., E., & Titania, M. (2020). Isolasi, Identifikasi dan Uji Produksi Yeast yang Diisolasi dari Nira Kelapa. *Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 5(1), 1–5.
- Roswita, Lulrahman, F., & Fardian. (2022). Pemanfaatan Limbah Bonggol Nanas Dari Umkm Kue Kering Menjadi Serbuk Instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.32520/jtp.v11i1.1947>
- Salafia, F., Ferracane, A., & Tropea, A. (2022). Pineapple Waste Cell Wall Sugar Fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for Second Generation Bioethanol Production. *Fermentation*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/fermentation8030100>
- Sari, E., Rahman, E. D., Martynis, M., Fiona, S., & Junialdi. (2015). Perolehan Glukosa dengan Hidrolisis Enzimatis dari Ampas Tebu menggunakan *Trichoderma viride* dan *Aspergillus niger* sebagai Bahan Baku Bioetanol. 8(1).
- Sari, V. I., & Anggraini, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas (*Ananas Comosus* L . Merr) Sebagai Bahan Pembuatan Sirup Bernilai Ekonomi. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 253–260.
- Schymanski, E. L., Singer, H. P., Longrée, P., Loos, M., Ruff, M., Stravs, M. A., et al. (2014). Strategies to characterize polar organic contaminants in water: Combining high-resolution mass spectrometry with a systematic workflow. *Environmental Science & Technology*, 48(3), 1811–1818.

<https://doi.org/10.1021/es4044374>

- Shaher, S. A. A., Mihailescu, D. F., & Amuzescu, B. (2023). Aspartame Safety as a Food Sweetener and Related Health Hazards. *Nutrients*, *15*(3627), 1–28.
- Shidiq, A. A., Siregar, P., Avriya, V., Anggraini, D. A., Nurhaliza, D., & Rati, T. A. (2022). Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas sebagai Bahan Pembuatan Paper Soap untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Desa Kualu Nenas. *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegeRI*, *6*(2), 117–122
- Solahuddin, Hanifa, N. I., Deccati, R. F., & Muliasari, H. (2021). Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Rumen Sapi (*Bibos javanicus*). *Journal of Science, Technology, and Enterpreneurship*, *3*(1), 3–9.
- Soontornchaiboon, W., Chunchachart, O., & Pawongrat, R. (2016). Ethanol production from pineapple waste by co-culture of *saccharomyces cerevisiae* TISTR 5339 and *candida shehatae* KCCM 11422. *KKU Res. J.*, *21*(2), 347–355. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/APST/article/view/62646/52110%0Ahttp://resjournal.kku.ac.th>
- Tima, M. T. (2018). Penentuan Kondisi Optimum Hidrolisis Pati Oleh *Aspergillus Niger* Dalam Limbah Kulit Kentang. *Agrica*, *11*(2), 136–144. <https://doi.org/10.37478/agr.v11i2.45>
- Todorov, S. D., & Gombossy de Melo Franco, B. D. (2010). *Lactobacillus Plantarum*: Characterization of the Species and Application in Food Production. *Food Reviews International*, *26*(3), 205–229. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.484113>
- Topaloğlu, A., Esen, Ö., Turanlı-Yıldız, B., Arslan, M., & Çakar, Z. P. (2023). From *Saccharomyces cerevisiae* to ethanol: unlocking the power of evolutionary engineering in metabolic engineering applications. *Journal of Fungi*, *9*(10), 984.
- Ucar, R. A., Pérez-Díaz, I. M., & Dean, L. L. (2020). Content of xylose, trehalosa and L-citrulline in cucumber fermentations and utilization of such compounds by certain lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, *91*, 103454. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103454>
- Vicente, R. L., Spina, L., Gómez, J. P. L., Dejean, S., Parrou, J., & Marie, J. (2018). *Trehalosa-6-phosphate promotes fermentation and glucose repression in*

Saccharomyces cerevisiae. 5(10), 444–459.
<https://doi.org/10.15698/mic2018.10.651>

- Wahyuni, S., Baihaqi, B., Nafilawati, W. O., Ningsih, M. L., & Febryansyah, F. (2024). Bioteknologi Pangan Berbasis Mikroorganisme Rekayasa Genetika: Tren dan Tantangan Global. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 2521-2533.
- Walmagh, M., Zhao, R., & Desmet, T. (2015). Trehalosa Analogues : Latest Insights in Properties and Biocatalytic Production. *Molecular Sciences*, 13729–13745. <https://doi.org/10.3390/ijms160613729>
- Wang, X., Sun, H., Wu, J., Wang, Y., Ai, Z., Wang, X., ... & Wang, Y. (2024). Improved viability of trehalosa on *Lactobacillus plantarum* embedded with whey protein concentrate/pullulan hydrogel in simulated gastrointestinal conditions and its application in juice. *Food Science and Human Wellness*, 13(6), 3614-3623.
- Yaribeygi, H., Yaribeygi, A., Sathyapalan, T., & Sahebkar, A. (2019). Molecular mechanisms of trehalosa in modulating glucose homeostasis in diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 13(3), 2214-2218.
- Yang, X., Li, J., Shi, G., Zeng, M., & Liu, Z. (2019). Improving 3-phenyllactic acid production of *Lactobacillus plantarum* AB-1 by enhancing its quorum-sensing capacity. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2605–2610. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03746-1>
- Yoshizane, C., Mizote, A., Yamada, M., Arai, N., Arai, S., Maruta, K., ... & Fukuda, S. (2017). Glycemic, insulinemic and incretin responses after oral trehalosa ingestion in healthy subjects. *Nutrition Journal*, 16(1), 9.
- Yudha, E. P., & Rachmadina, V. (2023). Daya Saing Ekspor Komoditas Nanas Indonesia, Thailand, dan Filipina di Negara Tujuan Ekspor Utama. 1, 414–433.