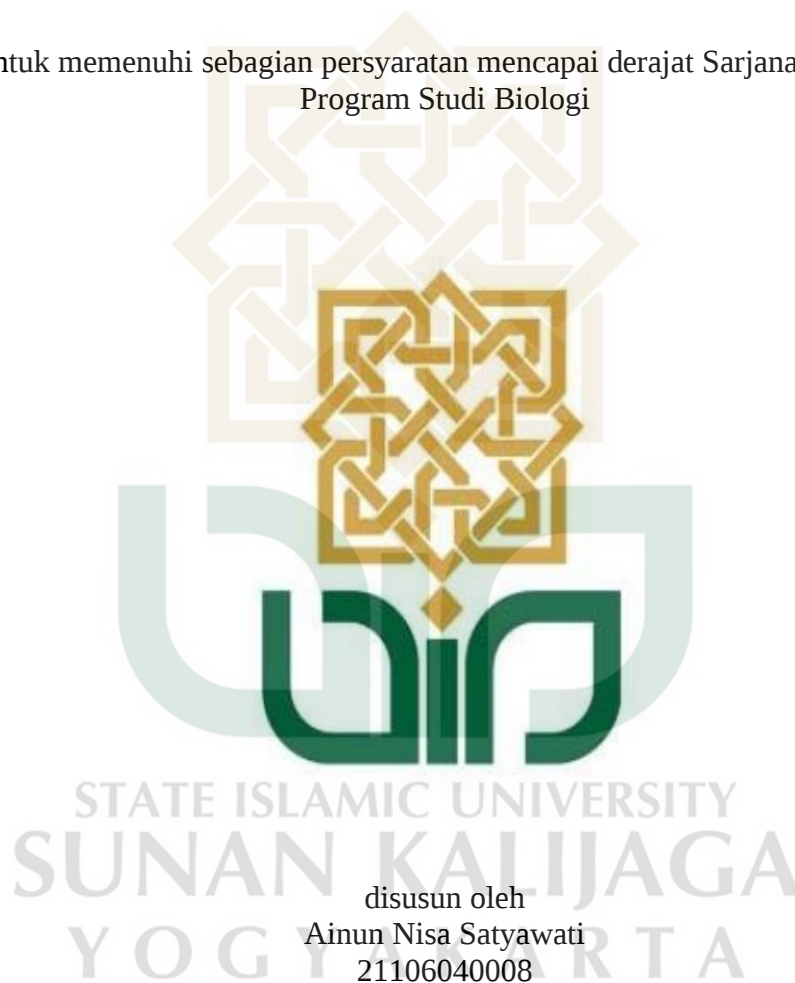


MODIFIKASI TEMPE SINBIOTIK DENGAN MIKROENKAPSULASI BAKTERI ASAM LAKTAT (BAL)

SKRIPSI

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



disusun oleh
Ainun Nisa Satyawati
21106040008

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**



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-219/Un.02/DST/PP.00.9/01/2026

Tugas Akhir dengan judul : Modifikasi Tempe Sinbiotik dengan Mikroenkapsulasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AINUN NISA SATYAWATI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106040008
Telah diujikan pada : Senin, 12 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
Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 697adf467cfa9



Penguji I
Agessty Ika Nurlita, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6971fcf054614



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

Valid ID: 697aa89797020



Yogyakarta, 12 Januari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 697b0aede4668

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ainun Nisa Satyawati
NIM : 21106040008
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Modifikasi Tempe Sinbiotik dengan Mikroenkapsulasi Bakteri Asam Laktat (BAL)" 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, 5 Januari 2026


Ainun Nisa Satyawati
NIM. 21106040008

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hai : 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 : Anun Nisa Satyawati

NIM : 21106040008

Judul Skripsi : Modifikasi Tempe Sinbiotik dengan Mikroenkapsulasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

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.

Pembimbing II

Agessty Ika Nurrita, M.Si.

NIP. 19890810 201903 2 016

Yogyakarta, 5 Januari 2026

Pembimbing I

Dr. Anifah Khudhuryani, S.Si., M.Si

NIP. 19750513 200003 2 001

Modifikasi Tempe Sinbiotik dengan Mikroenkapsulasi Bakteri Asam Laktat (BAL)

Ainun Nisa Satyawati

21106040008

ABSTRAK

Viabilitas probiotik pada produk pangan menurun secara signifikan akibat paparan suhu tinggi selama pemrosesan serta kondisi saluran gastrointestinal. Upaya untuk mempertahankan viabilitas probiotik dapat dilakukan dengan mikroenkapsulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan tempe sinbiotik dengan melakukan mikroenkapsulasi bakteri asam laktat (BAL) kandidat probiotik dari sampel tempe dengan bahan pelindung berupa alginat, pati resisten, dan maltodekstrin. Mikro kapsul BT21 dan BT22 menunjukkan efisiensi enkapsulasi sebesar 96,6% setelah dipaparkan cairan gastrointestinal buatan dan dapat mempertahankan viabilitas sel setelah dipaparkan suhu tinggi hingga 180 °C. Uji organoleptik menunjukkan tempe dengan penambahan mikro kapsul memiliki sifat sensoris yang tidak jauh berbeda dengan tempe kontrol.

Kata kunci: bakteri asam laktat, mikroenkapsulasi, probiotik, tempe

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Modification of Tempe Sinbiotic by Microencapsulation Lactic Acid Bacteria (LAB)

Ainun Nisa Satyawati

21106040008

ABSTRACT

The viability of probiotics in food products decreases significantly due to exposure to high temperatures during processing and gastrointestinal conditions. Efforts to maintain probiotic viability can be done by microencapsulation. This study aims to create synbiotic tempeh by microencapsulating lactic acid bacteria (LAB) as probiotic candidates from tempeh samples with protective materials such as alginate, resistant starch, and maltodextrin. BT21 and BT22 microcapsules showed an encapsulation efficiency of 96.6% after exposure to artificial gastrointestinal fluids and could maintain cell viability after exposure to high temperatures up to 180 °C. Organoleptic tests showed that tempeh with the addition of microcapsules had sensory properties that were not much different from control tempeh.

Keywords: lactic acid bacteria, microencapsulation, probiotic, tempeh

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

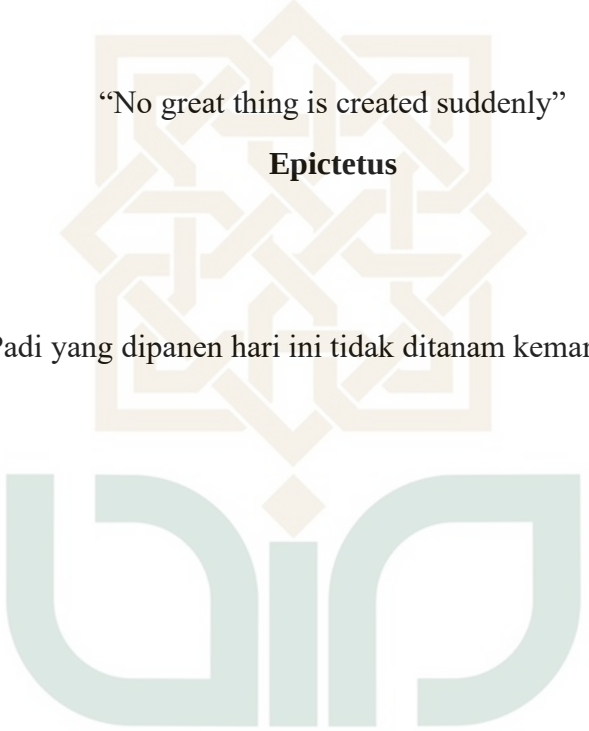
“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah 6)

“No great thing is created suddenly”

Epictetus

“Padi yang dipanen hari ini tidak ditanam kemarin sore”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tugas akhir ini Penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan dalam bentuk doa, motivasi dan semangat, serta diri Penulis sendiri yang memilih untuk tetap berjalan menyelesaikan penulisan skripsi ini walaupun tidak mudah. Terimakasih atas segalanya, semoga Allah selalu melindungi dan mempermudah urusan kita semua.



HALAMAN PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrahim,

Puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Modifikasi Tempe Sinbiotik dengan Mikroenkapsulasi Bakteri Asam Laktat (BAL)”. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga yaumul akhir nanti.

Penyusunan skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan studi S1 Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Skripsi ini disusun atas bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
3. Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. dan Ibu Agessty Ika Nurlita, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, kesempatan, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
4. Dosen Penguji, Ibu Agessty Ika Nurlita, M.Si. dan Ibu Lela Susilawati S.Pd., M.Si., PhD. yang telah memberikan saran-saran dalam memperbaiki skripsi ini.
5. Ibu Ethik Susiawati Purnomo, S.Si., dan Bapak Dony Eko Saputro, S.Pd.I., selaku PLP di Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu Penulis dalam menjalankan penelitian.
6. Kedua orang tua Penulis, Ibu Nofiyana dan Bapak Darwadi yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan fasilitas untuk segala

kebutuhan penelitian serta doa yang selalu terpanjat untuk kelancaran studi Penulis.

7. Adik tersayang, Anas Fadhil Fathur Rahman dan Andhika Atha yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk Penulis
8. Nadindra Hadrian Prahasana yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi serta selalu menemani dari masa perkuliahan hingga skripsi ini selesai.
9. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan masukan bagi Penulis.
10. Serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Skripsi ini merupakan persembahan terbaik Penulis, namun Penulis menyadari sepenuhnya terkait kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Sehingga dengan segala kerendahan hati, Penulis menerima kritik dan saran yang membangun serta dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 23 Desember 2025

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan	4
D. Manfaat	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tempe	6
B. Probiotik	8
C. Bakteri Asam Laktat (BAL)	10
D. Pangan sinbiotik	11
E. Metode Enkapsulasi	13
BAB III	16
METODE PENELITIAN	16
A. Waktu dan Tempat	16
B. Alat dan Bahan	16
C. Prosedur Kerja	16
1. Isolasi Media Spesifik dan Purifikasi	16

2. Uji Bakteri Asam Laktat (BAL) Probiotik.....	17
3. Preparasi suspensi sel	19
4. Prosedur enkapsulasi	19
5. Perhitungan probiotik yang terenkapsulasi	20
6. Pembuatan tempe.....	20
7. Pengujian pada gastrointestinal buatan.....	21
8. Kondisi pemanasan.....	21
9. Enumerasi probiotik enkapsulasi.....	22
10. Uji Organoleptik.....	22
D. Analisis Hasil	22
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Hasil	24
B. Pembahasan.....	29
BAB V.....	38
PENUTUP	38
A. Kesimpulan.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
Lampiran	53

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Diversitas mikroorganisme pada tempe.....	8
Tabel 2. Produk sinbiotik berbasis susu dan non-susu.....	12
Tabel 3. Aplikasi teknik mikroenkapsulasi probiotik pada produk pangan	15
Tabel 4. Morfologi isolat bakteri asam laktat (BAL).....	24
Tabel 5. Persentase penurunan jumlah koloni terhadap garam empedu	25
Tabel 6. Karakterisasi bakteri asam laktat hasil isolasi dari sampel tempe sebagai kandidat probiotik	26
Tabel 7. Hasil enumerasi total BAL yang terenkapsulasi	27
Tabel 8. Uji ketahanan isolat bebas dan terenkapsulasi terhadap cairan gastrointestinal buatan berdasarkan jumlah isolat.....	28
Tabel 9. Enumerasi probiotik enkapsulasi pada tempe setelah pemanasan	28
Tabel 10. Uji organoleptik tempe dengan probiotik bebas dan terenkapsulasi ...	29



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.** Hasil (a) isolasi dan (b) purifikasi bakteri asam laktat dari sampel tempe dengan zona bening di sekitar koloni pada media MRSA + CaCO₃ 0,5 %, setelah diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C..... 24
- Gambar 2.** Morfologi koloni isolat bakteri dari sampel tempe yang diamati menggunakan mikroskop stereo (a) BT21, (b) BT22, (c) BT32, dan (d) BT52 (perbesaran 3×10) 24
- Gambar 3.** Morfologi sel bakteri yang menunjukkan Gram positif dengan bentuk sel batang tunggal/ berpasangan/ berantai pada isolat (a) BT21, (b) BT22, (c) BT32 dan (d) BT52 (perbesaran 40 × 10)..... 26
- Gambar 4.** Pembuatan tempe setelah fermentasi selama (a) 0, (b) 24, (c) 45 jam 27

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagian besar masyarakat saat ini telah menganut gaya hidup sehat yang salah satu upayanya dengan memperhatikan asupan makanan yang baik. Asupan makanan ini tidak hanya sebagai pemenuhan nutrisi, namun juga pencegahan penyakit dan peningkatan kesehatan baik fisik maupun mental. Oleh karena itu, terjadi peningkatan secara signifikan penelitian mengenai pemilihan bahan-bahan makanan dan minuman yang dapat meningkatkan kesehatan. Kondisi ini memunculkan istilah makanan fungsional (*functional food*). Makanan fungsional adalah makanan olahan yang mengandung bahan-bahan yang memberikan manfaat kesehatan dan pemenuhan gizi (Jafari & McClements, 2017; Mishra et al., 2018). Manfaat dalam makanan fungsional tersebut dapat ditunjang oleh kandungan serat makanan, vitamin, mineral, prebiotik, dan probiotik (Cassani et al., 2020).

Probiotik merujuk pada mikroorganisme hidup yang memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya jika dikonsumsi dalam jumlah yang cukup (Ribeiro et al., 2020). Konsumsi probiotik dalam jumlah cukup berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus (Davoodvandi et al., 2021). Mikrobiota memiliki beragam fungsi meliputi produksi vitamin (terutama vitamin B dan K), butirrat, asetat, dan propionat; degradasi xenobiotik berpartisipasi dalam pembentukan dinding usus; interaksi dengan sistem imun mukosa; serta memberikan resistensi terhadap patogen (Martinez et al., 2015). Selain itu, konsumsi probiotik juga memberikan manfaat kesehatan lain meliputi pencegahan berbagai penyakit seperti sembelit, diare, dan penyakit kulit; sintesis vitamin; penurunan kadar kolesterol dalam darah; penurunan kejadian dan durasi infeksi pernapasan; serta aktivitas antikarsinogenik dan antibakteri (Sarao & Arora, 2017).

Manfaat probiotik dapat diperoleh dari konsumsi makanan fermentasi. Proses fermentasi bertujuan untuk mengawetkan makanan, meningkatkan

keamanan dan nilai gizi, serta memberikan sifat organoleptik yang unik dan disukai banyak orang. Makanan fermentasi telah menjadi bagian dari pola makan manusia sejak lama, yang dikembangkan baik menggunakan bahan yang bersumber dari nabati maupun hewani (Şanlıer et al., 2019; Vinderola et al., 2023). Penggunaan substrat bahan mentah merupakan titik berat pada pengolahan makanan fermentasi. Berdasarkan bahan baku yang digunakan, produk fermentasi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu berbahan dasar protein hewani dan protein nabati. Bahan baku pada fermentasi protein hewani dapat berupa daging dan susu, sedangkan bahan baku fermentasi protein nabati dapat menggunakan sayuran, umbi, dan kacang-kacangan seperti kedelai (Mulyani et al., 2022).

Salah satu makanan fermentasi berbahan dasar protein nabati adalah tempe. Tempe merupakan produk fermentasi yang berasal dari Indonesia dengan bahan dasar kedelai serta *starter* yang berisi *Rhizopus sp*, *Aspergillus sp*, *Bacillus sp*, dan lain-lain (Romulo & Surya, 2021). Pembuatan tempe secara primer disebabkan adanya fermentasi oleh kapang. Namun mikroorganisme lain seperti khamir dan bakteri juga berkembang biak selama proses produksi tempe. Mikroorganisme tersebut telah terbukti dapat mensintesis vitamin B12, serta memiliki sifat antioksidan dan antimikroba (Teoh et al., 2024).

Aktivitas enzimatis beberapa mikroorganisme dalam tempe, yaitu bakteri asam laktat (BAL), *mold*, dan *yeast*, menyebabkan terbentuknya peptida bioaktif. Studi yang dilakukan Singh et al., (2014) melaporkan bahwa fermentasi menggunakan BAL akan menghasilkan peptida bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Selain itu, tempe mengandung probiotik yang dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen, memperbaiki sawar mukosa, dan menstimulasi imun (Ghonyah et al., 2022). Selain probiotik, tempe juga mengandung oligosakarida yaitu galaktosaoligosakarida (GOS) sebagai sumber prebiotik. Prebiotik merupakan sumber nutrisi bagi bakteri baik di usus serta berperan dalam menurunkan populasi bakteri patogen (Sari & Mardhiyyah, 2021)

Tempe sebagai makanan probiotik hanya berlaku pada tempe dengan kondisi mentah, karena proses pemasakan seperti penggorengan dan perebusan akan menyebabkan kematian pada mikroorganisme probiotik. Suhu sangat mempengaruhi viabilitas probiotik, suhu diatas 80°C dapat membunuh sel-sel probiotik (Liu et al., 2014). Selain faktor fisik, viabilitas bakteri dapat dipengaruhi oleh kondisi gastrointestinal manusia, termasuk asam lambung, enzim pencernaan, asam empedu di usus halus, dan resistensi kolonisasi yang disebabkan oleh adanya bakteri komensal di usus besar (Han et al., 2021). Viabilitas probiotik menjadi penting, karena menurut Sun & Wicker, (2021) jumlah sel hidup minimal 10^7 CFU/g untuk menunjukkan manfaat kesehatan setelah melewati saluran pencernaan dan membentuk koloni di ileum bagian distal dan kolon.

Beragam strategi telah dilakukan sebagai upaya mempertahankan viabilitas probiotik dalam produk pangan, salah satu strategi yang dapat digunakan adalah teknologi enkapsulasi (Arratia-Quijada et al., 2024). Teknik enkapsulasi adalah teknik untuk melindungi suatu senyawa aktif atau bahan inti dengan melapisinya ke dalam bahan penyalut (Aminah et al, 2021). Saat ini berkembang teknik mikroenkapsulasi dan nanoenkapsulasi yang dapat melindungi bakteri probiotik dari faktor yang merugikan seperti pH, cahaya, air, oksigen, kelembapan, panas, dan lain-lain. Penyalutan probiotik ini dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup, bioavailabilitas, fungsionalitas, dan nilai gizi. Selain itu enkapsulasi menambah sifat pelepasan yang ditargetkan serta meningkatkan sifat fisiko-kimia dan organoleptik produk probiotik (Hosseini & Jafari, 2020; Sun et al., 2023)

Enkapsulasi bakteri BAL yang dilakukan oleh Hosseini et al., (2022) menunjukkan peningkatan viabilitas sel setelah dipaparkan pada kondisi gastrointestinal buatan. (Seyedain-Ardabili et al, 2016) melakukan penelitian mikroenkapsulasi pada *Lactobacillus acidophilus* LA-5 dan *L. casei* 431 yang disubstitusikan pada produk pangan berupa roti. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa enkapsulasi bakteri dengan kalsium alginat dan *Hi-maize*

resistant starch serta kitosan menyebabkan bakteri tahan terhadap suhu tinggi hingga 180°C selama proses pemanggangan.

Hingga saat ini belum dilakukan mikroenkapsulasi terhadap probiotik dan prebiotik yang kemudian ditambahkan pada tempe sehingga menjadi tempe sinbiotik. Padahal, viabilitas probiotik sangat rentan menurun akibat paparan saluran gastrointestinal dan suhu tinggi selama proses pemasakan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi teknik mikroenkapsulasi dalam melindungi viabilitas probiotik pada tempe sinbiotik dari kondisi gastrointestinal dan suhu tinggi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana efisiensi mikroenkapsulasi dalam melindungi bakteri asam laktat terhadap paparan cairan gastrointestinal?
2. Bagaimana viabilitas bakteri asam laktat pada tempe sinbiotik dengan perlakuan enkapsulasi dan pemanasan?
3. Bagaimana pengaruh enkapsulasi probiotik terhadap profil organoleptik pada tempe sinbiotik?

C. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui efisiensi mikroenkapsulasi dalam melindungi bakteri asam laktat terhadap paparan cairan gastrointestinal
2. Mengetahui viabilitas bakteri asam laktat pada tempe sinbiotik dengan perlakuan enkapsulasi dan pemanasan
3. Mengetahui pengaruh enkapsulasi probiotik terhadap profil organoleptik pada tempe sinbiotik

D. Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan probiotik yang berasal dari tempe lokal dengan kondisi yang stabil terhadap faktor eksternal seperti suhu dan kondisi gastrointestinal dengan melakukan mikroenkapsulasi sehingga dapat digunakan sebagai bagian dari pangan fungsional (*functional food*).



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari studi ini adalah:

1. Mikroenkapsulasi menggunakan alginat, pati resisten, dan maltodekstrin dapat melindungi isolat BT21 dan BT22 dari paparan gastrointestinal buatan dengan persentase efisiensi masing-masing sebesar 96,6%.
2. Bakteri asam laktat pada tempe sinbiotik dengan penambahan mikrokapsul BT21 dan BT22 dapat mempertahankan viabilitas selnya setelah dipaparkan suhu tinggi (80°C, 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, dan 180°C).
3. Berdasarkan uji organoleptik, tempe sinbiotik dengan penambahan mikrokapsul isolat BT21 dan BT22 tidak memberikan perubahan sifat sensoris dan kesukaan konsumen.

B. Saran

Beberapa saran untuk melengkapi penelitian ini kedepannya adalah:

1. Diperlukan uji ketahanan isolat BAL yang berasal dari tempe terhadap pH rendah sebagaimana kondisi pada lambung.
2. Diperlukan perbedaan kombinasi alginat, pati resisten, dan maltodekstrin untuk melihat peran masing-masing bahan pelindung.
3. Diperlukan pengujian mikrokapsul alginat, pati resisten, dan maltodekstrin terhadap masa penyimpanan.
4. Diperlukan pengujian tempe sinbiotik dengan metode pemasakan yang berbeda untuk melihat pengaruh faktor lain yang digunakan selama proses pemasakan dengan efektivitas mikrokapsul.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hakim, B. N., Xuan, N. J., & Oslan, S. N. H. (2023). A comprehensive review of bioactive compounds from lactic acid bacteria: potential functions as functional food in dietetics and the food industry. *Foods*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/foods12152850>
- Abdul Mudalip, S. K., Khatiman, M. N., Hashim, N. A., Che Man, R., & Arshad, Z. I. M. (2019). A short review on encapsulation of bioactive compounds using different drying techniques. *Materials Today: Proceedings*, 42, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.543>
- Akpogheli, P. O., Edo, G. I., Ali, A. B. M., Yousif, E., Zainulabdeen, K., Owhero, J. O., Isoje, E. F., Igbuku, U. A., Essaghah, A. E. A., Makia, R. S., Ahmed, D. S., Umar, H., & Alamiery, A. A. (2025). Lactic acid bacteria: Nature, characterization, mode of action, products and applications. *Process Biochemistry*, 152, 1–28. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2025.02.010>
- Alu'datt, M. H., Alrosan, M., Gammoh, S., Tranchant, C. C., Alhamad, M. N., Rababah, T., Zghoul, R., Alzoubi, H., Ghatasheh, S., Ghazlan, K., & Tan, T. C. (2022). Encapsulation-based technologies for bioactive compounds and their application in the food industry: A roadmap for food-derived functional and health-promoting ingredients. *Food Bioscience*, 50, 101971. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.101971>
- Alviana, T., Lisdayana, N., & Purwandari, U. (2024). Pengaruh fermentasi lanjut terhadap sifat fisika dan kimia tempe sepande . *Technopex*, 1159–1164.
- Aminah, S., Hersoelistyorini, W., & Kunci, K. (2021). Review artikel : Enkapsulasi meningkatkan kualitas komponen bioaktif minuman instan encapsulation improves the quality of instant bioactive components. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 4.
- Anal, A. K., & Singh, H. (2007). Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends in Food Science & Technology*, 18(5), 240–251. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2007.01.004>
- Araújo, E. A., de Carvalho, A. F., Leandro, E. S., Furtado, M. M., & de Moraes, C. A. (2010). Development of a symbiotic cottage cheese added with *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 and inulin. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.12.002>
- Arratia-Quijada, J., Nuño, K., Ruíz-Santoyo, V., & Andrade-Espinoza, B. A. (2024). Nano-encapsulation of probiotics: Need and critical considerations to

- design new non-dairy probiotic products. *Journal of Functional Foods*, 116, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106192>
- Arya, P., Sharma, V., Singh, P., Thapliyal, S., & Sharma, M. (2025). Bacterial endotoxin-lipopolysaccharide role in inflammatory diseases: An overview. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 28(5), 553–564. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2025.82302.17799>
- Atmoko, P. H., & Krestanto, H. (2017). Profesionalisme chef dalam pengolahan dan meningkatkan kualitas makanan di cavinton hotel Yogyakarta. *Khasanah Ilmu*, 8(2), 60–69.
- Ayustaningwarno, F. (2014). *Teknologi pangan : Teori praktis dan aplikasi*. Graha Ilmu.
- Azarkhavarani, P. R., Ziaee, E., & Hosseini, S. M. H. (2019). Effect of encapsulation on the stability and survivability of *Enterococcus faecium* in a non-dairy probiotic beverage. *Food Science and Technology International*, 25(3), 233–242. <https://doi.org/10.1177/1082013218813823>
- Barajas-Álvarez, P., González-Ávila, M., & Espinosa-Andrews, H. (2023). Recent advances in probiotic encapsulation to improve viability under storage and gastrointestinal conditions and their impact on functional food formulation. *Food Reviews International*, 39(2), 992–1013. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1928691>
- Barus, T., Maya, F., & Hartanti, A. T. (2019). Peran beberapa galur *Rhizopus microsporus* yang berasal dari “laru tradisional” dalam menentukan kualitas tempe. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1), 17–22. <https://doi.org/10.17728/jatp.3761>
- Battistini, C., Gullón, B., Ichimura, E. S., Gomes, A. M. P., Ribeiro, E. P., Kunigk, L., Moreira, J. U. V., & Jurkiewicz, C. (2018). Development and characterization of an innovative synbiotic fermented beverage based on vegetable soybean. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(2), 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.08.006>
- Behera, S. S., Ray, R. C., & Zdolec, N. (2018). *Lactobacillus plantarum* with functional properties: An approach to increase safety and shelf-life of fermented foods. *BioMed Research International*, 2018, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2018/9361614>
- Bhagwat, A., Bhushette, P., & Annapure, U. S. (2020). Spray drying studies of probiotic *Enterococcus* strains encapsulated with whey protein and maltodextrin. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s43088-020-00061-z>

- Bosnea, L. A., Moschakis, T., & Biliaderis, C. G. (2017). Microencapsulated cells of *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* in biopolymer complex coacervates and their function in a yogurt matrix. *Food and Function*, 8(2), 554–562. <https://doi.org/10.1039/c6fo01019a>
- Cakmak, H., Ilyasoglu-Buyukkestelli, H., Sogut, E., Ozyurt, V. H., Gumus-Bonacina, C. E., & Simsek, S. (2023). A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocolloids for Health*, 3, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100131>
- Cassani, L., Gomez-Zavaglia, A., & Simal-Gandara, J. (2020). Technological strategies ensuring the safe arrival of beneficial microorganisms to the gut: From food processing and storage to their passage through the gastrointestinal tract. *Food Research International*, 129, 1–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108852>
- Chaturvedi, S., & Chakraborty, S. (2022). Comparative analysis of spray-drying microencapsulation of *Lacticaseibacillus casei* in synbiotic legume-based beverages. *Food Bioscience*, 50, 102–110. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.102139>
- Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426–442. <https://doi.org/10.1002/fft2.94>
- Comunian, T. A., Silva, M. P., & Souza, C. J. F. (2021). The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science and Technology*, 108, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.003>
- Davoodvandi, A., Marzban, H., Goleij, P., Sahebkar, A., Morshedi, K., Rezaei, S., Mahjoubin-Tehran, M., Tarrahimofrad, H., Hamblin, M. R., & Mirzaei, H. (2021). Effects of therapeutic probiotics on modulation of microRNAs. *Cell Communication and Signaling*, 19(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s12964-020-00668-w>
- de Araújo, E. M., Raddatz, G. C., de Moraes Flores, É. M., Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., Barin, J. S., Ferreira Grosso, C. R., & de Menezes, C. R. (2016). Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. *LWT*, 65, 511–517. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.039>
- de Souza, E. L., de Oliveira, K. Á., & de Oliveira, M. E. (2023). Influence of lactic acid bacteria metabolites on physical and chemical food properties. *Current*

- Opinion in Food Science*, 49, 100–114.
<https://doi.org/10.1016/J.COFS.2022.100981>
- Dias, C. O., dos Santos Opuski de Almeida, J., Pinto, S. S., de Oliveira Santana, F. C., Verruck, S., Müller, C. M. O., Prudêncio, E. S., & de Mello Castanho Amboni, R. D. (2018). Development and physico-chemical characterization of microencapsulated *Bifidobacteria* in passion fruit juice: A functional non-dairy product for probiotic delivery. *Food Bioscience*, 24, 26–36.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.006>
- Djaenudin, Budianto, E., Saepudin, E., & Nasir, M. (2020). The encapsulation of *Lactobacillus casei* probiotic bacteria based on sodium alginate and chitosan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012043>
- Dong, L. M., Luan, N. T., & Thuy, D. T. K. (2020). Enhancing the viability rate of probiotic by co-encapsulating with prebiotic in alginate microcapsules supplemented to cupcake production. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 48(2), 113–120. <https://doi.org/10.4014/mbl.1910.10015>
- El-Sayed, H. S., Ismail, S. A., Murad, H. A., Abu-El Khair, A. G., & Azzaz, H. H. (2023). Characterization, encapsulation and evaluation of the newly isolated *Enterococcus faecium* as a probiotic for ruminants. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(10), 107–117.
<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.163556.6995>
- Fijan, S. (2014). Microorganisms with claimed probiotic properties: An overview of recent literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(5), 4745–4767. <https://doi.org/10.3390/ijerph110504745>
- Finanda, A., Hadari Nawawi, J. H., & Barat, K. (2021). Isolasi dan karakterisasi genus bakteri asam laktat dari fermentasi daging buah pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.). *Protobiont*, 10(2), 37–41.
- Gallo, M., Bevilacqua, A., Speranza, B., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2014). Alginate beads and apple pieces as carriers for *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*, as representative of yeast functional starter cultures. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(9), 2092–2100.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.12518>
- Gandomi, H., Abbaszadeh, S., Misaghi, A., Bokaie, S., & Noori, N. (2016). Effect of chitosan-alginate encapsulation with inulin on survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG during apple juice storage and under simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 69, 365–371.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.064>

- Ghonyah, S., Rina Bintari, Y., & Sri Damayanti, D. (2022). Potensi probiotik dari tiga macam tempe kacang merah, tempe kacang tanah, dan kacang kedelai . *Jurnal Kedokteran Komunitas(Journal of Community Medicine)*, 10(1), 1–8.
- Gul, S., & Durante-Mangoni, E. (2024). Unraveling the puzzle: Health benefits of probiotics—A comprehensive review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(5), 1–27. <https://doi.org/10.3390/jcm13051436>
- Han, S., Lu, Y., Xie, J., Fei, Y., Zheng, G., Wang, Z., Liu, J., Lv, L., Ling, Z., Berglund, B., Yao, M., & Li, L. (2021). Probiotic gastrointestinal transit and colonization after oral administration: A long journey. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.609722>
- Hartanti, A. T., Raharjo, A., & Gunawan, A. W. (2020). *Rhizopus* rotting on agricultural products in Jakarta. *HAYATI Journal of Biosciences*, 27(1), 37–44. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.1.37>
- Haryani, Y., Halid, N. A., Guat, G. S., Nor-Khaizura, M. A. R., Hatta, A., Sabri, S., Radu, S., & Hasan, H. (2023). Characterization, molecular identification, and antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from selected fermented foods and beverages in Malaysia. *FEMS Microbiology Letters*, 370, 1–12. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnad023>
- He, Y., Wu, Z., Tu, L., Han, Y., Zhang, G., & Li, C. (2015). Encapsulation and characterization of slow-release microbial fertilizer from the composites of bentonite and alginate. *Applied Clay Science*, 109–110, 68–75. <https://doi.org/10.1016/J.CLAY.2015.02.001>
- Hojdak, I., & Kolaček, S. (2024). Role of probiotics in the treatment and prevention of common gastrointestinal conditions in children. *Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition*, 27(1), 1–14. <https://doi.org/10.5223/pghn.2024.27.1.1>
- Hosseini, H., & Jafari, S. M. (2020). Introducing nano/microencapsulated bioactive ingredients for extending the shelf-life of food products. *Advances in Colloid and Interface Science*, 282, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102210>
- Hosseini, S. F., Ansari, B., & Gharsallaoui, A. (2022). Polyelectrolytes-stabilized liposomes for efficient encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* and improvement of its survivability under adverse conditions. *Food Chemistry*, 372, 131–139. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131358>
- Hu, G., Jiang, H., Zong, Y., Datsomor, O., Kou, L., An, Y., Zhao, J., & Miao, L. (2022). Characterization of lactic acid-producing bacteria isolated from rumen: growth, acid and bile salt tolerance, and antimicrobial function. *Fermentation*, 8(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/fermentation8080385>

- Im, E. J., Lee, H. H. Y., Kim, M., & Kim, M. K. (2023). Evaluation of Enterococcal probiotic usage and review of potential health benefits, safety, and risk of antibiotic-resistant strain emergence. *Antibiotics*, 12(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081327>
- Jafari, S. M., & McClements, D. J. (2017). Nanotechnology approaches for increasing nutrient bioavailability. In *Advances in Food and Nutrition Research* (pp. 1–30). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.12.008>
- Jayaprakash, P., Maudhuit, A., Gaiani, C., & Desobry, S. (2023). Encapsulation of bioactive compounds using competitive emerging techniques: Electrospraying, nano spray drying, and electrostatic spray drying. *Journal of Food Engineering*, 339, 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2022.111260>
- Kanmani, P., Satish Kumar, R., Yuvaraj, N., Paari, K. A., Pattukumar, V., & Arul, V. (2013). Probiotics and Its Functionally Valuable Products-A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(6), 641–658. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.553752>
- Kim, I. Y., Pusey, P. L., Zhao, Y., Korban, S. S., Choi, H., & Kim, K. K. (2012). Controlled release of *Pantoea agglomerans* E325 for biocontrol of fire blight disease of apple. *Journal of Controlled Release*, 161(1), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.03.028>
- Krasaekoopt, W., Bhandari, B., & Deeth, H. (2003). Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*, 13(1), 3–13. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00155-3)
- Kustyawati, M. E., Subeki, Murhadi, Rizal, S., & Astuti, P. (2020). Vitamin B12 production in soybean fermentation for tempeh. *AIMS Agriculture and Food*, 5(2), 262–271. <https://doi.org/10.3934/AGRFOOD.2020.2.262>
- Kwofie, M. K., Bukari, N., & Adeboye, O. (2020). Probiotics potential of yeast and lactic acid bacteria fermented foods and the impact of processing: A review of indigenous and continental food products. *Advances in Microbiology*, 10(09), 492–507. <https://doi.org/10.4236/aim.2020.109037>
- Lan, G., Li, C., He, L., Zeng, X., & Zhu, Q. (2020). Effects of different strains and fermentation method on nattokinase activity, biogenic amines, and sensory characteristics of natto. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4414–4423. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04478-3>
- Li, H., Zhang, T., Li, C., Zheng, S., Li, H., & Yu, J. (2020). Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt. *LWT*, 122, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109033>

- Liu, X., Champagne, C. P., Lee, B. H., Boye, J. I., & Casgrain, M. (2014). Thermostability of probiotics and their α -Galactosidases and the potential for bean products. *Biotechnology Research International*, 2014, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2014/472723>
- Ma, J., Zhou, Q., & Li, H. (2017). Gut microbiota and nonalcoholic fatty liver disease: Insights on mechanisms and therapy. *Nutrients*, 9(10), 1124. <https://doi.org/10.3390/nu9101124>
- Mandal, S., & Hati, S. (2017). Microencapsulation of bacterial cells by emulsion technique for probiotic application. In *Methods in Molecular Biology* (pp. 273–279). Humana Press Inc. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6364-5_22
- Martinez, R. C. R., Bedani, R., & Saad, S. M. I. (2015). Scientific evidence for health effects attributed to the consumption of probiotics and prebiotics: An update for current perspectives and future challenges. *British Journal of Nutrition*, 114(12), 1993–2015. <https://doi.org/10.1017/S0007114515003864>
- McCue, P., Lin, Y. T., Labbe, R. G., & Shetty, K. (2004). Sprouting and solid-state bioprocessing by *Rhizopus oligosporus* increase the In Vitro antibacterial activity of aqueous soybean extracts against *Helicobacter pylori*. *Food Biotechnology*, 18(2), 229–249. <https://doi.org/10.1081/GBT-200025669>
- Mgomi, F. C., Yang, Y. ran, Cheng, G., & Yang, Z. quan. (2023). Lactic acid bacteria biofilms and their antimicrobial potential against pathogenic microorganisms. *Biofilm*, 5, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biofilm.2023.100118>
- Mir Khan, U., & Selamoglu, Z. (2020). Use of enzymes in dairy industry: A review of current progress. *Archives of Razi Institute*, 75(1), 131–136. <https://doi.org/10.22092/ARI.2019.126286.1341>
- Mishra, S. S., Behera, P. K., Kar, B., & Ray, R. C. (2018). Advances in probiotics, prebiotics and nutraceuticals. In *Innovations in Technologies for Fermented Food and Beverage Industries* (Vol. 1, pp. 121–141). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74820-7_7
- Mislah, A., Suharti, S., & Wijayanti, I. (2018). Karakteristik produk dan efektivitas enkapsulasi bakteri pendegradasi asam sianida (HCN). *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 16(2), 21–26.
- Mital, B. K., & Garg, S. K. (1990). Tempeh—technology and food value. *Food Reviews International*, 6(2), 213–224. <https://doi.org/10.1080/87559129009540867>
- Mokarram, R. R., Mortazavi, S. A., Najafi, M. B. H., & Shahidi, F. (2009). The influence of multi stage alginate coating on survivability of potential probiotic

- bacteria in simulated gastric and intestinal juice. *Food Research International*, 42(8), 1040–1045. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.04.023>
- Mondragón-Bernal, O. L., Alves, J. G. L. F., Teixeira, M. A., Ferreira, M. F. P., & Maugeri Filho, F. (2017). Stability and functionality of synbiotic soy food during shelf-life. *Journal of Functional Foods*, 35, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.021>
- Mulaw, G., Sisay Tessema, T., Muleta, D., & Tesfaye, A. (2019). In vitro evaluation of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from some traditionally fermented ethiopian food products. *International Journal of Microbiology*, 2019, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2019/7179514>
- Mulyani, R., Adi, P., & Yang, J. J. (2022). Produk fermentasi tradisional Indonesia berbahan dasar pangan hewani daging dan ikan: A review. *JAHT: Jurnal of Applied Agriculture, Health, And Technology*, 02(01), 34–48.
- Najah, K., & Harnina Bintari, S. (2021). Efek pemberian pakan dengan tambahan overripe tempe terhadap jumlah *Escherichia coli* dan Bakteri Asam Laktat (BAL) pada Ayam Petelur. *Indones. J. Math. Nat. Sci*, 44(1), 41–47. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- Nath Mohanty, J., Kumar Das, P., Nanda, S., Nayak, P., & Pradhan, P. (2015). Comparative analysis of crude and pure lactic acid produced by *Lactobacillus fermentum* and its inhibitory effects on spoilage bacteria. *The Pharma Innovation*, 11(3), 38–42. www.thepharmajournal.com
- Nawaz, A. S. N., Jagadeesh, K. S., & Krishnaraj, P. U. (2017). Isolation and screening of lactic acid bacteria for acidic pH and bile tolerance. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 3975–3980. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.411>
- Novianti, Asmariyah, & Suriyati. (2019). Pengaruh pemberian susu tempe terhadap kadar haemoglobin pada ibu hamil TM III Kota Bengkulu. *Journal Of Midwifery*, 7(1), 23–29.
- Nurdini, A. L., Nuraida, L., Suwanto, & Suliantari. (2015). Microbial growth dynamics during tempe fermentation in two different home industries. *International Food Research Journal*, 22(4), 1668–1674.
- Pandey, K. R., Naik, S. R., & Vakil, B. V. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577–7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>
- Pandey, S., Premjit, Y., Khuntia, A., Kadival, A., & Mitra, J. (2023). Development of probiotic-loaded calcium alginate-maltodextrin microparticles based on

- electrohydrodynamic technique. *Powder Technology*, 428, 118808. <https://doi.org/10.1016/J.POWTEC.2023.118808>
- Pangastuti, A., Alfisah, R. K., Istiana, N. I., Sari, S. L. A., Setyaningsih, R., Susilowati, A., & Purwoko, T. (2019). Metagenomic analysis of microbial community in over-fermented tempeh. *Biodiversitas*, 20(4), 1106–1114. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200423>
- Peres, J., Esmerino, E., da Silva, A. L., Racowski, I., & Bolini, H. (2018). Sensory profile, drivers of liking, and influence of information on the acceptance of low-calorie synbiotic and probiotic chocolate ice cream. *Journal of Food Science*, 83(5), 1350–1359. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14120>
- Pérez-Chabela, M. L., Lara-Labastida, R., Rodriguez-Huezo, E., & Totosa, A. (2013). Effect of spray drying encapsulation of thermotolerant lactic acid bacteria on meat batters properties. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1505–1515. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0865-y>
- Petsong, K., Kaewthong, P., Kingwascharapong, P., Nilsuwan, K., Karnjanapratum, S., & Tippayawat, P. (2023). Potential of jackfruit inner skin fibre for encapsulation of probiotics on their stability against adverse conditions. *Scientific Reports*, 13(1), 11158. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38319-y>
- Pinasti, L., Nugraheni, Z., & Wiboworini, B. (2020). Potensi tempe sebagai pangan fungsional dalam meningkatkan kadar hemoglobin remaja penderita anemia. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.30867/action.v5i1.192>
- Pitigraisorn, P., Srichaisupakit, K., Wongpadungkiat, N., & Wongsasulak, S. (2017). Encapsulation of *Lactobacillus acidophilus* in moist-heat-resistant multilayered microcapsules. *Journal of Food Engineering*, 192, 11–18. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2016.07.022>
- Praveen, M. A., Parvathy, K. R. K., Patra, S., Khan, I., Natarajan, P., & Balasubramanian, P. (2020). Cytotoxic and pharmacokinetic studies of Indian seaweed polysaccharides for formulating raindrop synbiotic candy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 557–566. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.086>
- Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afiati, F., Irzaldi, R., & Lisdiyanti, P. (2020). Studi in vitro bakteri asam laktat kandidat probiotik dari makanan fermentasi indonesia . *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 21–28. <https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.1.21>
- Przyklenk, M., Vemmer, M., Hanitzsch, M., & Patel, A. (2017). A bioencapsulation and drying method increases shelf life and efficacy of

- Metarhizium brunneum conidia*. *Journal of Microencapsulation*, 34(5), 498–512. <https://doi.org/10.1080/02652048.2017.1354941>
- Radita, R., Suwanto, A., Kurosawa, N., Wahyudi, A. T., & Rusmana, I. (2017). Metagenome analysis of tempeh production: Where did the bacterial community in tempeh come from? *Malaysian Journal of Microbiology*, 13(4), 280–288. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>
- Radita, R., Suwanto, A., Kurosawa, N., Wahyudi, A. T., & Rusmana, I. (2021). Dynamics of microbial community during tempeh fermentation. *Biotropia*, 28(1), 11–20. <https://doi.org/10.11598/btb.2021.28.1.820>
- Rajam, R., & Subramanian, P. (2022). Encapsulation of probiotics: past, present and future. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00228-w>
- Ramirez-Olea, H., Herrera-Cruz, S., & Chavez-Santoscoy, R. A. (2024). Microencapsulation and controlled release of *Bacillus clausii* through a novel non-digestible carbohydrate formulation as revolutionizing probiotic delivery. *Heliyon*, 10(2), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24923>
- Rathore, S., Desai, P. M., Liew, C. V., Chan, L. W., & Heng, P. W. S. (2013). Microencapsulation of microbial cells. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 369–381. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.022>
- Reque, P. M., & Brandelli, A. (2021). Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 114, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.022>
- Ribeiro, A. P. de O., Gomes, F. dos S., Maria Olbrich dos Santos, K., da Matta, V. M., Freitas de Sá, D. de G. C., Santiago, M. C. P. de A., Conte, C., de Oliveira Costa, S. D., Oliveira Ribeiro, L. de, de Oliveira Godoy, R. L., & Walter, E. H. M. (2020). Development of a probiotic non-fermented blend beverage with juçara fruit: Effect of the matrix on probiotic viability and survival to the gastrointestinal tract. *LWT*, 118, 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108756>
- Rizal, S., Kustyawati, M. E., Suharyono, A. S., & Suyarto, V. A. (2022). Changes of nutritional composition of tempeh during fermentation with the addition of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biodiversitas*, 23(3), 1553–1559. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230345>
- Rohman, S., Kaewtatip, K., Kantachote, D., & Tantirungkij, M. (2021). Encapsulation of *Rhodopseudomonas palustris* KTSSR54 using beads from alginate/starch blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(12), 1–9. <https://doi.org/10.1002/app.50084>

- Romulo, A., & Surya, R. (2021). Tempe: A traditional fermented food of Indonesia and its health benefits. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 26, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2021.100413>
- Russell, A. D. (2003). Lethal effects of heat on bacterial physiology and structure. *Science Progress*, 86(2), 115–137. www.scilet.com
- Safrida Yuni Dewi, Adriani Azmalina, Hardiana, & Safira Rifa Risti. (2025). Karakterisasi Fisiologis Bakteri Asam Laktat Pada Tempe (*Rhizopus oligosporus*). *Jurnal Sains & Kesehatan Darussalam*, 5(1), 19–26.
- Sam, M. K. V., Jawan, R., & Chong, K. P. (2024). Characterization and Identification of Potential Lactic Acid Bacteria as Biological Control Agent against *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* of the Banana Blood Disease. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 18(3), 1883–1893. <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.3.38>
- Samuel, O., Mavis, O., & Frederick, O. (2019). In vitro studies of the probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Akamu – A Nigerian weaning food. *Immunology and Infectious Diseases*, 7(2), 13–20. <https://doi.org/10.13189/iid.2019.070201>
- Şanlıer, N., Gökçen, B. B., & Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 506–527. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1383355>
- Sarao, L. K., & Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 344–371. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055>
- Sari, I. P., & Mardhiyyah, Y. S. (2021). Kajian literatur : Potensi pemanfaatan protein tempe non-kedelai. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(2), 72–87. <https://doi.org/10.33005/jtp.v14i2.2457>
- Seyedain-Ardabili, M., Sharifan Anousheh, & Tarzi, B. G. (2016). The production of synbiotic bread by microencapsulation. *Food Technol. Biotechnol*, 54, 52–59. <https://doi.org/doi: 10.17113/ b.54.01.16.4234>
- Sharah, A., & Karnila, R. (2015). *Pembuatan Kurva Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Yang di Isolasi dari Ikan Peda Kembung (Rastrelliger sp.)*. Universitas Riau.
- Shehata, M. G., El Sohaimy, S. A., El-Sahn, M. A., & Youssef, M. M. (2016). Screening of isolated potential probiotic lactic acid bacteria for cholesterol lowering property and bile salt hydrolase activity. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(1), 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.03.001>

- Shofinita, D., Harimawan, A., Almaishya, N., Dewi, A. M., Thamleonard, J., & Achmadi, A. B. (2025). Enhancing viability of probiotic by microencapsulation: A case study in ice cream. *International Journal of Technology*, 16(4), 1337–1347. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i4.6886>
- Singh, A. (2022). Synbiotics: A promising approach for improving human health. *Article in Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(7), 766–777. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S07.100>
- Singh, B. P., Vij, S., & Hati, S. (2014). Functional significance of bioactive peptides derived from soybean. *Peptides*, 54, 171–179. <https://doi.org/10.1016/J.PEPTIDES.2014.01.022>
- Stephen, J. M., & Saleh, A. M. (2023). Homofermentative *Lactobacilli* isolated from organic sources exhibit potential ability of lactic acid production. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1297036>
- Sulistiani, & Iman Hidayat, dan. (2020). Identifikasi molekuler bakteri asam laktat dari tempe dan tape berdasarkan sekuen gen 16S rRNA. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*, 37(2), 69–77. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2020.37.2.1149>
- Sun, Q., & Wicker, L. (2021). Hydrogel encapsulation of *Lactobacillus casei* by block charge modified pectin and improved gastric and storage stability. *Foods*, 10(6), 1337. <https://doi.org/10.3390/foods10061337>
- Sun, Q., Yin, S., He, Y., Cao, Y., & Jiang, C. (2023). Biomaterials and encapsulation techniques for probiotics: Current status and future prospects in biomedical applications. *Nanomaterials*, 13(15), 2185. <https://doi.org/10.3390/nano13152185>
- Syukri, D., Sylvi, D., & Ramadani, S. F. (2022). Effect of various cooking methods on quality and sensory characteristics of tempeh made from soybeans and corn. *Andalasian International Journal of Agriculture and Natural Sciences (AIJANS)*, 3(02), 87–113. <https://doi.org/10.25077/aijans.v3.i02.87-113.2022>
- Tamang, J. P., Shin, D. H., Jung, S. J., & Chae, S. W. (2016). Functional properties of microorganisms in fermented foods. *Frontiers in Microbiology*, 7(578), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00578>
- Teoh, S. Q., Chin, N. L., Chong, C. W., Ripen, A. M., How, S., & Lim, J. J. L. (2024). A review on health benefits and processing of tempeh with outlines on its functional microbes. *Future Foods*, 9, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100330>

- Tomusiak-Plebanek, A., Heczko, P., Skowron, B., Baranowska, A., Okoń, K., Thor, P. J., & Strus, M. (2018). *Lactobacilli* with superoxide dismutase-like or catalase activity are more effective in alleviating inflammation in an inflammatory bowel disease mouse model. *Drug Design, Development and Therapy*, 12, 3221–3233. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S164559>
- Touret, T., Oliveira, M., & Semedo-Lemsaddek, T. (2018). Putative probiotic lactic acid bacteria isolated from sauerkraut fermentations. *PLoS ONE*, 13(9), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203501>
- United State Departement of Agriculture (USDA). (2018). *USDA National Nutrient Database for Standart Reference*. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/174272/nutrients>
- Vinderola, G., Cotter, P. D., Freitas, M., Gueimonde, M., Holscher, H. D., Ruas-Madiedo, P., Salminen, S., Swanson, K. S., Sanders, M. E., & Cifelli, C. J. (2023). Fermented foods: a perspective on their role in delivering biotics. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1196239>
- Vivek, K., Mishra, S., Pradhan, R. C., Nagarajan, M., Kumar, P. K., Singh, S. S., Manvi, D., & Gowda, N. N. (2023). A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: technology, carriers and current trends. *Applied Food Research*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100248>
- Wang, X., Gao, S., Yun, S., Zhang, M., Peng, L., Li, Y., & Zhou, Y. (2022). Microencapsulating alginate-based polymers for probiotics delivery systems and their application. *Pharmaceuticals*, 15(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ph15050644>
- Weinbreck, F., Bodnár, I., & Marco, M. L. (2010). Can encapsulation lengthen the shelf-life of probiotic bacteria in dry products? *International Journal of Food Microbiology*, 136(3), 364–367. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2009.11.004>
- Wikandari, R., Kinanti, D. A., Permatasari, R. D., Rahmaningtyas, N. L., Chairunisa, N. R., Sardjono, Hellwig, C., & Taherzadeh, M. J. (2021). Correlations between the chemical, microbiological characteristics and sensory profile of fungal fermented food. *Fermentation*, 7(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040261>
- Yin, M., Chen, M., Yuan, Y., Liu, F., & Zhong, F. (2024). Encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* GG in whey protein isolate-shortening oil and gum Arabic by complex coacervation: Enhanced the viability of probiotics during

- spray drying and storage. *Food Hydrocolloids*, 146, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.109252>
- Yoha, K. S., Nida, S., Dutta, S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Targeted delivery of probiotics: perspectives on research and commercialization. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 14(1), 15–48.
<https://doi.org/10.1007/s12602-021-09791-7>
- Yu, A. O., Leveau, J. H. J., & Marco, M. L. (2020). Abundance, diversity and plant-specific adaptations of plant-associated lactic acid bacteria. *Environmental Microbiology Reports*, 12(1), 16–29.
<https://doi.org/10.1111/1758-2229.12794>
- Yudianti, N. F., Yanti, R., Cahyanto, M. N., Rahayu, E. S., & Utami, T. (2020). Isolation and characterization of lactic acid bacteria from legume soaking water of tempeh productions. *Digital Press Life Sciences*, 2, 1–7.
<https://doi.org/10.29037/digitalpress.22328>
- Zhang, F., Wang, R., Zhang, L., Yan, L., Jia, Y., Yang, J., Wang, X., & Lü, X. (2023). Enhanced viability of probiotics in composite hydrogel beads. *Journal of Food Engineering*, 357, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2023.111621>
- Zommara, M., El-Ghaish, S., Haertle, T., Chobert, J. M., & Ghanimah, M. (2023). Probiotic and technological characterization of selected *Lactobacillus* strains isolated from different egyptian cheeses. *BMC Microbiology*, 23(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s12866-023-02890-1>