



# **KARAKTERISASI METABOLIT BAKTERI ASAM LAKTAT SEBAGAI POSBIOTIK: PEPTIDA BIOAKTIF DAN ASAM LEMAK RANTAI PENDEK PADA YOGURT HASIL PROSES TERMAL**

**MILKA SULISTIAWATI**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakterisasi Metabolit Bakteri Asam Laktat sebagai Posbiotik: Peptida Bioaktif dan Asam Lemak Rantai Pendek pada Yogurt Hasil Proses Termal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Milka Sulistiawati  
F2502221019

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



## RINGKASAN

MILKA SULISTIAWATI. Karakterisasi Metabolit Bakteri Asam Laktat sebagai Posbiotik: Peptida Bioaktif dan Asam Lemak Rantai Pendek pada Yogurt Hasil Proses Termal. Dibimbing oleh NURHENI SRI PALUPI dan LILIS NURAIDA.

Posbiotik adalah mikroorganisme mati dan/atau komponen metabolitnya yang dapat memberikan manfaat kesehatan pada inangnya. Kestabilan produk pada proses produksi maupun penyimpanan merupakan salah satu faktor yang mendorong minat dalam pengembangan posbiotik. Stabilitas posbiotik terjaga karena kondisi mikroorganisme yang sudah inaktif, sehingga lebih tahan terhadap pengaruh suhu dan keberadaan oksigen. Penggunaan posbiotik pada produk yogurt menjadi penting untuk pemasaran di daerah yang tidak memiliki sistem distribusi dingin yang memadai.

Posbiotik dapat diidentifikasi sebagai sel utuh mati, fragmen dinding sel, asam lemak rantai pendek (SCFA), asam amino, enzim, peptida bioaktif, eksopolisakarida (EPS), dan vitamin yang dihasilkan dari proses fermentasi. Salah satu proses untuk memperoleh posbiotik adalah menggunakan proses termal yang dapat memengaruhi struktur fisiko-kimia dan kualitas posbiotik. Proses termal pada sampel yogurt berpotensi untuk menambah keragaman komponen peptida bioaktif dan meningkatkan kadar SCFA. Proses termal juga dapat memengaruhi bioaktivitas peptida bioaktif dengan meningkatkan beberapa aktivitas biologis.

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efek proses termal terhadap komponen peptida bioaktif dan SCFA serta mengidentifikasi potensi manfaat kesehatan peptida bioaktif pada yogurt secara *in silico*. Yogurt yang difermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, kemudian diaplikasikan proses termal yang dilakukan dengan pemanasan sampel dalam kemasan pada suhu 78 °C selama 15 menit. Analisis peptida bioaktif dilakukan menggunakan LC-HRMS, sementara bioaktivitas dievaluasi dengan metode *in silico* menggunakan aplikasi BIOPEP-UWM. Evaluasi efek proses termal pada peptida bioaktif dan SCFA dilakukan dengan membandingkan hasil analisis sebelum dan setelah proses termal.

Proses termal pada yogurt dapat meningkatkan keragaman peptida bioaktif dengan berat molekul rendah. Bioaktivitas dominan secara *in silico* setelah proses termal menghasilkan empat bioaktivitas dominan yaitu *Angiotensin Converting Enzyme (ACE) inhibitor*, *dipeptidyl peptidase (DPP) IV inhibitor*, *dipeptidyl peptidase (DPP) III inhibitor*, dan *antioxidative*. Evaluasi manfaat kesehatan secara *in silico* yang dilakukan dengan mengidentifikasi fragmen bioaktif dan potensi aktivitas biologis menunjukkan bahwa bioaktivitas yang paling dominan adalah *ACE inhibitor* dan *DPP IV inhibitor*. Proses termal juga menghasilkan tiga peptida bioaktif baru yang berkontribusi terhadap aktivitas *ACE inhibitor* dan *DPP IV inhibitor*. Proses termal juga dapat meningkatkan SCFA, khususnya asetat dan butirrat, pada yogurt.

**Kata kunci:** asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid* - SCFA), *in silico*, peptida bioaktif, posbiotik, proses termal



## SUMMARY

MILKA SULISTIAWATI. Characterization of Lactic Acid Bacteria Metabolites as Postbiotics: Bioactive Peptides and Short-Chain Fatty Acids on Yogurt with Thermal Process Inactivation. Supervised by NURHENI SRI PALUPI and LILIS NURAIDA.

Postbiotics are dead microorganisms and/or their metabolite components that can provide health benefits to the host. Product stability during production and storage is a key factor driving interest in the development of postbiotics. Postbiotic stability is maintained because the microorganisms are inactive, making them more resistant to the effects of temperature and oxygen exposure. The use of postbiotics in yogurt products becomes significant for marketing in regions without adequate cold-chain distribution systems.

Postbiotics can be identified as inactivated whole cells, cell wall fragments, short-chain fatty acids (SCFAs), amino acids, enzymes, bioactive peptides, exopolysaccharides (EPS), and vitamins produced during fermentation. One method to obtain postbiotics is thermal processing, which can influence the physicochemical structure and quality of postbiotics. Thermal processing in yogurt samples has the potential to increase the diversity of bioactive peptide components and enhance SCFA levels. It can also affect the bioactivity of bioactive peptides by boosting certain biological activities.

The research aims to evaluate the effects of thermal processing on bioactive peptide components and SCFAs and to identify the potential health benefits of bioactive peptides in yogurt using *in silico* analysis. The yogurt was fermented using *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, followed by thermal processing through sample heating in packaging at 78°C for 15 minutes. Bioactive peptide analysis was conducted using LC-HRMS, while bioactivity was assessed through *in silico* methods using the BIOPEP-UWM application. The evaluation of thermal processing effects on bioactive peptides and SCFAs was performed by comparing the analysis results before and after the thermal process.

The thermal process applied to yogurt can enhance the diversity of bioactive peptides with low molecular weights. *In silico* analysis following the thermal process identified four dominant bioactivities, Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) inhibitor, dipeptidyl peptidase (DPP) IV inhibitor, dipeptidyl peptidase (DPP) III inhibitor, and antioxidative. The health benefits assessment conducted *in silico* through the identification of bioactive fragments and their biological activity potential revealed that the most dominant bioactivities were ACE inhibitor and DPP IV inhibitor. The thermal process also generated three new bioactive peptides contributing to ACE inhibitor and DPP IV inhibitor activities. The thermal process increased the levels of SCFAs, particularly acetate and butyrate, in yogurt.

**Keywords:** bioactive peptide, inactivation, *in silico*, postbiotic, short chain fatty acids (SCFAs)



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

## © Hak Cipta milik IPB, tahun 2025<sup>1</sup> Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

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

---

<sup>1</sup>Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerja sama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada perjanjian kerja sama yang terkait



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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





# **KARAKTERISASI METABOLIT BAKTERI ASAM LAKTAT SEBAGAI POSBIOTIK: PEPTIDA BIOAKTIF DAN ASAM LEMAK RANTAI PENDEK PADA YOGURT HASIL PROSES TERMAL**

**MILKA SULISTIAWATI**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister  
Program Studi Teknologi Pangan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

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



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Uswatun Hasanah, S.T.P., M.Si
2. Dr. Nur Wulandari, S.T.P., M.Si



Judul Tesis

: Karakterisasi Metabolit Bakteri Asam Laktat sebagai  
Posbiotik: Peptida Bioaktif dan Asam Lemak Rantai  
Pendek pada Yogurt Hasil Proses Termal

Nama  
NIM

: Milka Sulistiawati  
: F2502221019

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Nurheni Sri Palupi, M.Si



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Lilis Nuraida, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Nur Wulandari, S.T.P., M.Si  
NIP 197410032000032001



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr  
NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 9 Januari 2025

Tanggal Lulus: 15 Januari 2025

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



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2023 sampai bulan Mei 2024 dengan judul “Karakterisasi Metabolit Bakteri Asam Laktat sebagai Probiotik: Peptida Bioaktif dan Asam Lemak Rantai Pendek pada Yogurt Hasil Proses Termal”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nurheni Sri Palupi, M.Si. selaku ketua komisi pembimbing dan Ibu Prof. Dr. Ir. Lilis Nuraida, M.Sc. selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Uswatun Hassanah, S.T.P., M.Si selaku penguji luar komisi dan kepada Dr. Nur Wulandari, S.T.P., M.Si selaku pimpinan ujian tesis yang telah memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan penulisan tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen dan staff di Program Studi Magister Teknologi Pangan, serta teknisi Laboratorium Mikrobiologi SEAFAS Center yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada rekan-rekan kantor yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian. Terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini. Kepada teman-teman Pascasarjana TPN 18, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan pengalaman yang diberikan selama ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

*Milka Sulistiawati*



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Hipotesis Penelitian	4
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Yogurt dan Proses Pembuatannya	5
2.2 Posbiotik dan Komponennya	7
2.3 Proses Inaktivasi	13
2.4 Metode <i>In Silico</i> untuk Identifikasi Bioaktivitas Peptida	14
<b>III METODE</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Kerangka / Tahapan Penelitian	16
3.4 Prosedur Analisis	19
3.5 Analisis Data	24
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>26</b>
4.1 Pengaruh Proses Inaktivasi Termal terhadap Sekuen peptida	26
4.2 Hasil Analisis SCFA dan Pengaruh Proses Pemanasan	38
4.3 Hasil Analisis Proksimat	40
<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>42</b>
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	72

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

## DAFTAR TABEL

1 Bioaktivitas dan peptida bioaktif	12
2 Matriks analisis produk yogurt	19
3 Sekuens peptida sebelum dan setelah proses inaktivasi termal	27
4 Bioaktivitas peptida sebelum dan setelah proses inaktivasi termal	29
5 Bioaktivitas peptida berdasarkan keberadaan fragmen bioaktif	30
6 Frekuensi keberadaan fragmen bioaktif peptida sebelum dan setelah	34
7 Fragmen peptida bioaktif sebagai <i>ACE inhibitor</i> dan <i>DPP IV inhibitor</i>	38
8 Komposisi SCFA pada sampel yogurt	38
9 Komposisi proksimat pada produk yogurt	40

## DAFTAR GAMBAR

1 Tahapan pembuatan produk yogurt dalam kemasan	7
2 Tahapan penelitian dan analisis produk yogurt dalam kemasan	17
3 Tahapan pembuatan produk yogurt dalam kemasan <i>pouch</i>	18
4 Tahapan fraksinasi supernatan	19
5 Bioaktivitas berdasarkan frekuensi keberadaan fragmen bioaktif	34
6 Mekanisme kerja <i>ACE inhibitor</i> dalam pencegahan tekanan darah	35
7 Mekanisme kerja DPP IV inhibitor dalam mengatur kadar glukosa	36
8 Peptida bioaktif pada bioaktivitas dominan	37
9 Komposisi SCFA sebelum dan sesudah proses inaktivasi termal	39
10 Komposisi proksimat produk yogurt sebelum dan setelah proses	41

## DAFTAR LAMPIRAN

1 Potensi bioaktivitas peptida berdasarkan nilai A dan B	50
2 Prosedur Analisis SIG	53
3 Hasil Analisis Proksimat	62
4 Hasil Analisis SCFA	64