

**POTENSI IMOBILISASI SEL KHAMIR *Pichia kudriavzevii*
UNJCC Y-137 DAN BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57
PADA PELET GLUTEN TERHADAP FISIKOKIMIA DAN
SENYAWA VOLATIL KAKAO FERMENTASI**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**




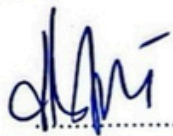
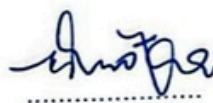



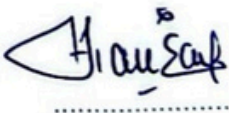
**Salma Cut Desi Ayu
1308620029**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

POTENSI IMOBILISASI SEL KHAMIR *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137
DAN BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57 PADA PELET GLUTEN
TERHADAP FISIKOKIMIA DAN SENYAWA VOLATIL KAKAO
FERMENTASI

Nama Mahasiswa : Salma Cut Desi Ayu
No. Registrasi : 1308620029

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.S.P.</u> NIP. 197909162005011004		18/25
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.</u> NIP. 197905042009122002		18/25
Ketua	: <u>Prof. Dr. Ratna Komala, M.Si.</u> NIP. 196408151989032002		5/25
Sekretaris/Penguji II	: <u>Dr. Hanhan Dianhar, M.Si.</u> NIP. 199009292015041003		24/01/25
Anggota			
Pembimbing I	: <u>Dr. Dalia Sukmawati, M.Si.</u> NIP. 197309142006042001		13/25
Pembimbing II	: <u>Rizal Koen Asharo, S.Si., M.Si.</u> NIP. 199206082019031012		29/01/25
Penguji I	: <u>Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si.</u> NIP. 1966031619920320001		5/2-25

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 21 Januari 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Potensi Imobilisasi Sel Khamir *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57 pada Pelet Gluten terhadap Fisikokimia dan Senyawa Volatil Kakao Fermentasi” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Biologi Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 29 Januari 2025



Salma Cut Desi Ayu



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Salma Cut Desi Ayu
NIM : 1308620029
Fakultas/Prodi : FMIPA/Biologi
Alamat email : salmaadesii@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain

Yang berjudul :

Potensi Imobilisasi Sel Khamir *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57 pada Pelet Gluten terhadap Fisikokimia dan Senyawa Volatil Kakao Fermentasi

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Februari 2025

Penulis

(Salma Cut Desi Ayu)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat, ridho, serta kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Potensi Imobilisasi Sel Khamir *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57 pada Pelet Gluten terhadap Fisikokimia dan Senyawa Volatil Kakao Fermentasi” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapat dukungan, doa, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang berperan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang begitu besar kepada Ibu Dr. Dalia Sukmawati, M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk mengarahkan, menasehati, serta memberikan motivasi kepada penulis dengan rasa kasih sayang dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih kepada Bapak Rizal Koen Asharo, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan dukungan, saran, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada *National Research and Innovation Agency of Indonesia* melalui program hibah dengan No. 12/II.7/HK/2023-2024 atas nama Ibu Dalia Sukmawati dengan judul penelitian “*The Alternative Nutritious Food Security Based on Black Soldier Fly (Hermetia illucens) and Probiotic Oleaginous Yeast Through a Metabolomic Approach*” yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si. selaku dosen penguji I serta Koordinator Program Studi Biologi UNJ dan Bapak Dr. Hanhan Dianhar, M.Si. selaku dosen penguji II serta kepada Ibu Prof. Dr. Ratna

Komala, M.Si. selaku ketua sidang yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang begitu besar kepada kedua orang tua penulis yaitu Bapak Suryamin Sulaiman dan Ibu Martini yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, dan motivasi kepada penulis untuk senantiasa menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ketiga saudara penulis yaitu Kak Hendy, Kak Riezwan dan Kak Chika, seluruh keluarga besar penulis, dan khususnya kepada Ibu kandung penulis yaitu Alm. Ibu Eva yang telah mengandung, melahirkan dan mengasahi penulis. Semoga Ibu ditempatkan disisi terbaik-Nya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan seperjuangan skripsi 'Mycoteam 2020' yaitu Anggraini, Kirana, Raihan, Riska, dan Rila yang telah senantiasa berjuang bersama selama penelitian sampai dengan akhir penyusunan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada teman-teman kelas Biologi A 2020 khususnya Salma Nur, Septia, Shinta, Amalia, dan Varda yang telah berjuang bersama dalam menjalani perkuliahan di Prodi Biologi UNJ. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada sahabat terbaik penulis sejak SMA yaitu Dira dan Rara yang senantiasa memberi dukungan, motivasi, dan selalu menjadi pendengar yang baik untuk penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan menjadi inspirasi bagi pembaca dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu kepada kita semua dan semoga segala hal yang dikerjakan mendapatkan ridha-Nya, Aamiin.

Jakarta, 29 Januari 2025



Salma Cut Desi Ayu

ABSTRAK

SALMA CUT DESI AYU. Potensi Imobilisasi Sel Khamir *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57 pada Pelet Gluten terhadap Fisikokimia dan Senyawa Volatil Kakao Fermentasi. Skripsi, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2025.

Kualitas biji kakao asal Indonesia dinilai masih sangat rendah karena tidak dilakukannya proses fermentasi terlebih dahulu. Penambahan mikroba sebagai *starter* pada proses fermentasi ini dalam bentuk terimobilisasi pada pelet gluten. Imobilisasi memiliki kemampuan dalam meningkatkan efisiensi fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi imobilisasi sel khamir *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137, BAL *Lactobacillus plantarum* NP-57, dan kombinasi keduanya pada pelet gluten terhadap fisikokimia dan senyawa volatil biji kakao fermentasi. Metode deskriptif dan eksperimen serta data yang diperoleh dianalisis dilakukan menggunakan SPSS dengan uji *one-way* ANOVA dan *two-way* ANOVA pada tingkat $\alpha = 0,05$, dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa viabilitas sel khamir *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 yang terimobilisasi pada pelet gluten menghasilkan sebesar $6,67 \times 10^8$ CFU/mL dan *L. plantarum* NP-57 menghasilkan sebesar $2,52 \times 10^9$ CFU/mL. Analisis SEM pelet gluten khamir *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan BAL *L. plantarum* NP-57 terbaik diperoleh pada waktu perendaman 9 jam. Penambahan variasi mikroba dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kimia biji kakao. Perlakuan kombinasi *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 dan *L. plantarum* NP-57 menghasilkan kualitas optimal dengan persentase biji terfermentasi sempurna sebesar $85,67 \pm 2,73$; pH $5,15 \pm 0,05$; dan aktivitas antioksidan $86,04 \pm 0,16$. Senyawa volatil yang dihasilkan meliputi golongan asam organik, alkohol, aldehida, amina, alkaloid, ester dan keton.

Kata kunci: Kakao fermentasi, *P. kudriavzevii*, *L. plantarum*, SEM, Viabilitas.

ABSTRACT

SALMA CUT DESI AYU. Potential of Immobilized Yeast Cells *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137 and LAB *Lactobacillus plantarum* NP-57 on Gluten Pellets in Relation to the Physicochemical Properties and Volatile Compounds of Fermented Cacao. Thesis, Biology Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. January 2025.

The quality of cocoa beans from Indonesia is considered to be very low due to the absence of a prior fermentation process. The addition of microorganisms as starters in this fermentation process is done in the form of immobilized cells on gluten pellets. Immobilization has the ability to enhance fermentation efficiency. This study aims to determine the potential of immobilizing yeast cells of *Pichia kudriavzevii* UNJCC Y-137, *Lactobacillus plantarum* NP-57, and their combination on gluten pellets in relation to the physicochemical properties and volatile compounds of fermented cacao beans. Descriptive and experiment methods were used, and the data obtained were analyzed using SPSS with one-way ANOVA and two-way ANOVA at $\alpha = 0,05$, followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that the viability of *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 yeast cells immobilized on gluten pellets was $6,67 \times 10^8$ CFU/mL, while *L. plantarum* NP-57 produced $2,52 \times 10^9$ CFU/mL. SEM analysis of gluten pellets with *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 and *L. plantarum* NP-57 LAB showed the best results at a soaking time of 9 hours. The addition of microbial variation and fermentation time influenced the physical and chemical characteristics of cocoa beans. The combination treatment of *P. kudriavzevii* UNJCC Y-137 and *L. plantarum* NP-57 resulted in optimal quality with a perfect fermentation percentage of $85,67 \pm 2,73$; pH $5,15 \pm 0,05$; and antioxidant activity $86,04 \pm 0,16$. The volatile compounds produced include organic acids, alcohols, aldehydes, amines, alkaloids, esters, and ketones.

Keywords: *Fermented cocoa, P. kudriavzevii, L. plantarum, SEM, Viability.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	5
B. Kualitas Fisik dan Kimia Biji Kakao	8
C. Khamir <i>Pichia kudriavzevii</i> UNJCC Y-137	10
D. BAL <i>Lactobacillus plantarum</i> NP-57	11
E. Fermentasi Biji Kakao	13
F. Imobilisasi Sel dengan Pelet Gluten	15
G. Identifikasi Senyawa Volatil dengan Metode GC-MS	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian	22
B. Metode Penelitian	22
C. Alat dan Bahan	23
D. Alur Penelitian	24
E. Prosedur Penelitian	25
F. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Peremajaan Khamir <i>P. kudriavzevii</i> UNJCC Y-137	33
B. Hasil Peremajaan BAL <i>L. plantarum</i> NP-57	34
C. Viabilitas Sel Khamir dan BAL yang Terimobilisasi dengan Pelet Gluten	35
D. Karakterisasi Pelet Gluten Sel Khamir dan BAL melalui Analisis SEM	37

E. Karakteristik Fisik dan Kimia Biji Kakao Fermentasi	41
F. Analisis Senyawa Volatil Biji Kakao Fermentasi	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
A. Kesimpulan	53
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	96



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Jenis dan ciri-ciri buah kakao berdasarkan varietas	7
2. Syarat umum kualitas biji kakao SNI 01-2323-2008	8
3. Syarat khusus mutu biji kakao SNI 01-2323-2008	9
4. Senyawa volatil dan deskripsi aroma kakao metode HS-SPME	20
5. Desain penelitian fermentasi biji kakao dengan perlakuan variasi mikroba dan waktu fermentasi	23
6. Viabilitas sel khamir terimobilisasi dengan pelet gluten	36
7. Viabilitas sel BAL terimobilisasi dengan pelet gluten	36
8. Hasil uji belah biji kakao terfermentasi sempurna (%) dari perlakuan variasi mikroba dan waktu fermentasi	41
9. Hasil aktivitas antioksidan biji kakao (%) dari perlakuan variasi mikroba dan waktu fermentasi	44
10. Hasil pengujian nilai pH biji kakao dari perlakuan variasi mikroba dan waktu fermentasi	46
11. Profil senyawa volatil (GC-MS) yang teridentifikasi pada biji kakao sangrai terfermentasi dengan penambahan variasi mikroba	49
12. Hasil uji ANOVA <i>two way</i> pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji belah biji kakao terfermentasi sempurna	78
13. Hasil analisis DMRT pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji belah biji kakao terfermentasi sempurna	78
14. Hasil uji ANOVA <i>two way</i> pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji aktivitas antioksidan	79
15. Hasil analisis DMRT pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji aktivitas antioksidan	79
16. Hasil uji ANOVA <i>two way</i> pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji pH	80
17. Hasil analisis DMRT pengaruh variasi mikroba dan lamanya waktu fermentasi terhadap uji belah biji kakao terfermentasi sempurna	81
18. Hasil uji ANOVA <i>one way</i> viabilitas sel khamir setelah diimobilisasi pada pelet gluten	82
19. Hasil analisis DMRT viabilitas sel khamir setelah diimobilisasi pada pelet gluten	82

20. Hasil uji ANOVA <i>one way</i> viabilitas sel bakteri asam laktat setelah diimobilisasi pada pelet gluten	82
21. Hasil analisis DMRT viabilitas sel bakteri asam laktat setelah diimobilisasi pada pelet gluten	83



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Tanaman kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	5
2. Struktur buah kakao	6
3. Morfologi sel <i>P. kudriavzevii</i> pada media YPD	11
4. Morfologi sel BAL <i>L. plantarum</i>	13
5. Teknik imobilisasi: penempelan ke permukaan	18
6. Bagan alur penelitian	24
7. Hasil peremajaan khamir <i>P. kudriavzevii</i> UNJCC Y-137	33
8. Hasil peremajaan BAL <i>L. plantarum</i> NP-57	34
9. SEM pelet gluten <i>P. kudriavzevii</i> Y-137 (Perbesaran 2.500×)	38
10. SEM pelet gluten <i>L. plantarum</i> NP-57 (Perbesaran 5.000×)	39
11. Hasil uji belah biji kakao fermentasi	42
12. Kromatogram biji kakao fermentasi perlakuan kontrol 0h	84
13. Kromatogram biji kakao fermentasi perlakuan khamir 96h	85
14. Kromatogram biji kakao fermentasi perlakuan BAL 96h	86
15. Kromatogram biji kakao fermentasi perlakuan kombinasi 96h	87
16. Proses pembuatan stok pelet gluten	89
17. Proses pengeringan pelet gluten menggunakan oven	89
18. Proses sentrifugasi stok suspensi biomassa sel khamir dan BAL	89
19. Proses imobilisasi sel khamir dan BAL pada pelet gluten	90
20. Pengujian viabilitas sel khamir dan BAL menggunakan metode TPC ..	90
21. Hasil pengujian viabilitas suspensi biomassa sel khamir dan BAL	90
22. Hasil pengujian viabilitas sel khamir dan BAL terimobilisasi dengan pelet gluten	91
23. Sampel pelet gluten sel khamir dan BAL untuk analisis SEM	91
24. Proses fermentasi biji kakao kering	91
25. Hasil uji belah kakao fermentasi PG kontrol	92
26. Hasil uji belah kakao fermentasi PG Y-137	92
27. Hasil uji belah kakao fermentasi PG NP-57	93
28. Hasil uji belah kakao fermentasi PG kombinasi	93

29. Proses pengujian karakteristik fisik dan kimia biji kakao fermentasi ...	94
30. Proses persiapan larutan stok ekstrak kakao menggunakan <i>rotary evaporator</i>	94
31. Proses analisis senyawa volatil dengan menggunakan GC-MS	95



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Perhitungan jumlah ulangan pada sampel penelitian	71
2. Komposisi dan pembuatan media	72
3. Pembuatan larutan konsentrasi ekstrak kakao	74
4. Data hasil uji sampel	76
5. Analisis data statistik	78
6. Data kromatogram analisis senyawa volatil GC-MS	84
7. Laporan hasil analisis SEM	88
8. Dokumentasi penelitian	89

