

KARAKTERISASI GENOM *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 DAN PENGARUH SUPLEMENTASINYA TERHADAP FERMENTASI RUMEN SECARA *IN VITRO*

RIRIS DELIMA PURBA



PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan 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.



@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 Genom *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 dan Pengaruh Suplementasinya terhadap Fermentasi Rumen secara *In Vitro*” 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, Agustus 2026

Riris Delima Purba
G3501241034



RINGKASAN

RIRIS DELIMA PURBA. Karakterisasi Genom *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 dan Pengaruh Suplementasinya terhadap Fermentasi Rumen secara *In Vitro*. Dibimbing oleh ARIS TRI WAHYUDI, RIKA INDRI ASTUTI, dan WINDU NEGARA.

Pelepah kelapa sawit tersedia dalam jumlah besar dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pakan dalam sistem integrasi sawit dan sapi. Namun, pemanfaatannya dibatasi oleh kandungan serat yang tinggi dan struktur lignoselulosa yang kompleks, sehingga akses mikroorganisme rumen terhadap komponen karbohidrat menjadi terbatas. Salah satu pendekatan biologis yang dapat digunakan untuk mendukung fermentasi bahan pakan berserat adalah suplementasi bakteri asam laktat. *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 merupakan isolat asal rumen sapi Bali yang teradaptasi dengan pakan berbasis hasil samping kelapa sawit. Informasi mengenai karakteristik genom BRIN8 dan pengaruh suplementasinya terhadap fermentasi rumen masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengarakterisasi genom *L. plantarum* BRIN8, mengevaluasi pengaruh suplementasinya pada dosis berbeda terhadap fermentasi rumen dan pencernaan substrat berbasis pelepah kelapa sawit secara *in vitro*, serta mengintegrasikan informasi genomik dengan respons fermentasi yang diamati.

Penelitian dilakukan melalui karakterisasi genom *L. plantarum* BRIN8 dan evaluasi fermentasi rumen secara *in vitro*. Karakterisasi genom meliputi sekuensing genom, perakitan, anotasi gen fungsional, identifikasi *carbohydrate-active enzymes* (CAZymes), lokus kandidat bakteriosin, determinan resistensi antimikroba, serta analisis genom komparatif dengan delapan strain *L. plantarum* dari berbagai relung ekologis. Pengujian fermentasi menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat taraf suplementasi BRIN8, yaitu 0, $1,0 \times 10^8$, $1,0 \times 10^9$, dan $1,0 \times 10^{10}$ CFU/mL, masing-masing dengan lima ulangan. Substrat terdiri atas 60% pelepah kelapa sawit dan 40% konsentrat berdasarkan bahan kering. Parameter yang diamati meliputi produksi dan kinetika gas, pH, konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$, total *volatile fatty acids* (VFA), proporsi VFA individual, serta pencernaan bahan kering dan serat.

Rakitan genom BRIN8 berukuran 2,77 Mb dengan 2.571 *coding DNA sequences* (CDS) serta memiliki tingkat kelengkapan 99,5% berdasarkan BUSCO dan 99,27% berdasarkan CheckM. Anotasi genom menunjukkan keberadaan gen yang berkaitan dengan sistem fosfotransferase, glikolisis, metabolisme laktat, transpor peptida, dan metabolisme asam amino. Sebanyak 66 CAZyme teridentifikasi, termasuk anggota famili GH1, GH13, GH65, GH78, CE1, dan CE4. Fitur tersebut mendukung potensi BRIN8 dalam transpor dan pemanfaatan gula, glikosida, oligosakarida, serta produk antara yang tersedia selama degradasi substrat, tetapi tidak menunjukkan perannya sebagai pendegradasi primer lignoselulosa. Genom BRIN8 juga mengandung lokus kandidat plantaricin yang mencakup *plnE*, *plnF*, dan *plnK*, serta gen yang berkaitan dengan transpor peptida. Analisis *Comprehensive Antibiotic Resistance Database* (CARD) tidak mendeteksi determinan resistensi antimikroba yang diperoleh dengan tingkat kepercayaan tinggi. Analisis genom komparatif menunjukkan 2.235 kluster ortolog yang dimiliki



bersama oleh seluruh sembilan strain. BRIN8 memiliki 2.496 klaster ortolog dan 67 protein *singleton* dalam dataset yang dianalisis. Rekonstruksi filogenom menempatkan BRIN8 berdekatan dengan *L. plantarum* strain UNQLp11.

Suplementasi BRIN8 menghasilkan respons fermentasi yang bergantung pada dosis. Akumulasi gas selama fase awal inkubasi lebih rendah pada dosis BRIN8 yang lebih tinggi, tetapi produksi gas kumulatif pada 48 jam tidak berbeda antarperlakuan. Dosis $1,0 \times 10^8$ CFU/mL menghasilkan *in vitro true digestibility* (IVTD), *digestible neutral detergent fiber* (dNDF), dan *neutral detergent fiber digestibility* (NDFD) tertinggi secara numerik, tetapi tidak berbeda nyata dari dosis $1,0 \times 10^9$ CFU/mL. Peningkatan dosis hingga $1,0 \times 10^{10}$ CFU/mL tidak meningkatkan pencernaan lebih lanjut. *Acid detergent fiber digestibility* (ADFD) tidak berbeda antarperlakuan. Total VFA menurun seiring peningkatan dosis BRIN8 dan mencapai nilai terendah pada dosis $1,0 \times 10^{10}$ CFU/mL. Pada dosis tertinggi, proporsi asetat dan rasio asetat terhadap propionat lebih rendah, sedangkan proporsi propionat, butirat, dan *branched-chain* VFA (BCVFA) lebih tinggi. Perubahan tersebut menunjukkan redistribusi relatif komposisi VFA dan tidak mencerminkan peningkatan konsentrasi absolut VFA individual karena total VFA menurun. Nilai pH berbeda antarperlakuan, tetapi tetap berada dalam kisaran yang sempit 6,82–6,91.

Secara keseluruhan, karakteristik genom BRIN8 menunjukkan potensi metabolik yang terutama berkaitan dengan transpor dan pemanfaatan karbohidrat serta interaksi antarmikroba. Informasi genomik tersebut memberikan konteks biologis terhadap respons fermentasi, tetapi tidak membuktikan keterlibatan langsung gen tertentu selama fermentasi maupun menunjukkan BRIN8 sebagai pendegradasi primer lignoselulosa. Suplementasi BRIN8 memengaruhi fermentasi dan pencernaan substrat secara bergantung pada dosis. Dosis uji $1,0 \times 10^8$ CFU/mL menghasilkan nilai IVTD, dNDF, dan NDFD tertinggi secara numerik dan dapat dipertimbangkan sebagai dosis kerja awal untuk evaluasi lebih lanjut. Hasil penelitian ini memberikan dasar bagi pengembangan dan evaluasi lanjutan BRIN8 sebagai kandidat mikroba pendukung fermentasi pakan berbasis pelepah kelapa sawit.

Kata kunci: bakteri asam laktat, CAZyme, fermentasi rumen, genom komparatif, pencernaan serat, pelepah kelapa sawit.



SUMMARY

RIRIS DELIMA PURBA. Genome Characterization of *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 and the Effect of Its Supplementation on Rumen Fermentation In Vitro. Supervised by ARIS TRI WAHYUDI, RIKA INDRI ASTUTI, and WINDU NEGARA.

Oil palm fronds are produced in large quantities and have potential as a feed resource in integrated oil palm and cattle production systems. However, their utilization is limited by the high fiber content and complex lignocellulosic structure, which limit microbial access to carbohydrate components in the rumen. Supplementation with lactic acid bacteria is one biological approach that may support the fermentation of fibrous feed. *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 was isolated from the rumen of Bali cattle adapted to a diet containing oil palm by-products. Information on the genomic characteristics of BRIN8 and the effects of its supplementation on rumen fermentation remains limited. This study aimed to characterize the genome of *L. plantarum* BRIN8, evaluate the effects of different supplementation levels on in vitro rumen fermentation and digestibility of an oil palm frond-based substrate, and integrate genomic information with the observed fermentation responses.

The study consisted of genome characterization of *L. plantarum* BRIN8 and an in vitro rumen fermentation evaluation. Genome characterization included genome sequencing, assembly, functional gene annotation, identification of carbohydrate-active enzymes (CAZymes), candidate bacteriocin loci, antimicrobial resistance determinants, and comparative genomic analysis with eight *L. plantarum* strains originating from different ecological niches. The fermentation experiment was arranged in a completely randomized design with four levels of BRIN8 supplementation, namely 0, 1.0×10^8 , 1.0×10^9 , and 1.0×10^{10} , each with five replicates. The substrate consisted of 60% oil palm fronds and 40% concentrate on a dry matter basis. The measured parameters included gas production and kinetics, pH, NH₃-N concentration, total volatile fatty acids (VFA), individual VFA proportions, and dry matter and fiber digestibility.

The BRIN8 genome assembly was 2.77 Mb and contained 2,571 coding sequences, with genome completeness of 99.5% based on BUSCO and 99.27% based on CheckM. Genome annotation identified genes associated with the phosphotransferase system, glycolysis, lactate metabolism, peptide transport, and amino acid metabolism. A total of 66 CAZyme annotations were identified, including members of the GH1, GH13, GH65, GH78, CE1, and CE4 families. These genomic features support the potential of BRIN8 to transport and utilize sugars, glycosides, oligosaccharides, and intermediates available during substrate degradation, rather than functioning as a primary lignocellulose degrader. The BRIN8 genome also contained candidate plantaricin loci comprising *plnE*, *plnF*, and *plnK*, together with components associated with peptide transport. Analysis using the Comprehensive Antibiotic Resistance Database (CARD) did not detect acquired antimicrobial resistance determinants with high confidence. Comparative genomic analysis identified 2,235 orthologous clusters shared by all nine strains. BRIN8 contained 2,496 orthologous clusters and 67 singleton proteins within the analyzed dataset. Phylogenomic reconstruction placed BRIN8 close to strain UNQLp11, which originated from Pinot noir wine.

BRIN8 supplementation resulted in dose-dependent responses. Gas accumulation during the early phase of incubation was lower at higher BRIN8 doses, whereas cumulative gas production after 48 h did not differ among treatments. Supplementation at 1.0×10^8



CFU/mL resulted in the numerically highest in vitro true digestibility (IVTD), digestible neutral detergent fiber (dNDF), and neutral detergent fiber digestibility (NDFD) values, although these values did not differ significantly from those obtained at 1.0×10^9 CFU/mL. Increasing the dose to 1.0×10^{10} CFU/mL did not provide further improvement in digestibility. Acid detergent fiber digestibility (ADFD) did not differ among treatments. Total VFA decreased with increasing BRIN8 doses and reached the lowest value at 1.0×10^{10} CFU/mL. At the highest dose, the acetate proportion and acetate-to-propionate ratio were lower, whereas the proportions of propionate, butyrate, and branched-chain VFA (BCVFA) were higher. These changes reflected a relative redistribution of VFA composition rather than an increase in the absolute concentration of individual VFA because total VFA decreased. Rumen pH differed among treatments but remained in a narrow range of 6.82–6.91.

Overall, the genomic characteristics of BRIN8 indicate metabolic potential primarily associated with carbohydrate transport and utilization as well as antimicrobial interactions. The genomic information provides biological context for the observed fermentation responses but does not demonstrate the direct involvement of specific genes during fermentation or support a role for BRIN8 as a primary lignocellulose degrader. BRIN8 supplementation affected fermentation and substrate digestibility in a dose-dependent manner. The 1.0×10^8 CFU/mL treatment produced the numerically highest IVTD, dNDF, and NDFD values and may therefore be considered an initial working dose for further evaluation. These findings provide a basis for further development and evaluation of BRIN8 as a candidate supporting microorganism for the fermentation of oil palm frond-based feeds.

Keywords: CAZyme, comparative genomics, fiber digestibility, lactic acid bacteria, oil palm frond, rumen fermentation.



@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
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.

KARAKTERISASI GENOM *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 DAN PENGARUH SUPLEMENTASINYA TERHADAP FERMENTASI RUMEN SECARA *IN VITRO*

RIRIS DELIMA PURBA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Mikrobiologi

**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan 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. Prof. Dr. Roni Ridwan, S.Pt., M.Si.



@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.



Judul Tesis : Karakterisasi Genom *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 dan Pengaruh Suplementasinya terhadap Fermentasi Rumen secara *In Vitro*.
Nama : Riris Delima Purba
NIM : G3501241034

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si.

Pembimbing 3:
Windu Negara, S.Pt., M.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Anja Meryandini, M.S.
NIP 196203271987032001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 197807232007011001

Tanggal Ujian: 10 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Februari 2026 ini ialah modulasi fermentasi rumen berbasis probiotik dan pendekatan genomik, dengan judul “Karakterisasi Genom *Lactiplantibacillus plantarum* BRIN8 dan Pengaruh Suplementasinya terhadap Fermentasi Rumen secara *In Vitro*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si., selaku ketua komisi pembimbing, Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si., dan Windu Negara, S.Pt., M.Si., Ph.D., selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
2. Prof. Dr. Roni Ridwan, S.Pt., M.Si. selaku penguji luar komisi pembimbing dan Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S. selaku Kaprodi Mikrobiologi atas saran dan masukan dalam karya ilmiah ini.
3. Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) melalui Program Beasiswa PNS yang telah memberikan dukungan finansial selama penulis melaksanakan perkuliahan di IPB.
4. Keluarga besar Pusat Riset Peternakan BRIN dan keluarga besar Laboratorium LAPTIB, Puspiptek, khususnya Pak Santoso, Om Ruslan, Mbak Hikmah, Ezi, Mbak Rahma, Mas Putut, Mas Satria, Teh Ijah, Mbak Tri, Mbak Ira, Kang Yuda, dan Hannan yang telah memberikan dukungan dan bantuannya dalam pelaksanaan penelitian.
5. Teman penulis dan seluruh angkatan Mikrobiologi 2024 atas kebersamaan dan bantuan selama perkuliahan.
6. Orang-orang terkasih yang menjadi sumber kekuatan dalam perjalanan studi Magister Penulis: kepada Bapak (Alm.) B. Tua Purba dan Ibu (Alm.) Rosinta Lumban Gaol, suami tercinta (Alm.) Henra Nainggolan serta anak-anak tercinta Aruna Hasiholan Nainggolan dan Ainsley Mona Romaito Nainggolan, atas cinta, doa, dan semangat yang senantiasa ada buat Penulis. Kepada Kak Lidya, Kak Lisbet, Kak Siska, dan Kak Joice, Adik Netty, semua keponakan dan semua abang-abang ipar, atas dukungan, doa, dan kasih sayangnya.
7. Kepada mertua Inang Br. Silaban, Amang Nainggolan, dan ipar Eda Nataria, Eda Agustina, Eda Desma, dan semua keponakan penulis yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.

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

Bogor, Agustus 2026

Riris Delima Purba



DAFTAR ISI

RINGKASAN	ii
SUMMARY	iv
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8	5
2.2 Pelepah Kelapa Sawit dan Struktur Lignoselulosa	6
2.3 Fermentasi Rumen dan Pemanfaatan Pakan Berserat	7
2.4 Bakteri Asam Laktat sebagai Aditif Mikroba Rumen	9
2.5 Karakterisasi Genom dan Potensi Fungsional <i>L. plantarum</i>	10
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alur Penelitian	14
3.3 Alat dan Bahan	14
3.4 Prosedur Kerja	15
3.4.1 Peremajaan dan produksi sel <i>L. plantarum</i> BRIN8	15
3.4.2 Persiapan substrat bahan pakan	15
3.4.3 Analisis komposisi kimia bahan pakan	16
3.4.4 Rancangan penelitian	16
3.4.5 Fermentasi rumen <i>in vitro</i>	16
3.4.6 Produksi gas kumulatif dan kinetika fermentasi	17
3.4.7 Analisis metabolit fermentasi rumen	17
3.4.8 Kecernaan rumen <i>in vitro</i>	17
3.4.9 Ekstraksi DNA genom <i>L. plantarum</i> BRIN8	18
3.4.10 Sekuensing, perakitan, dan evaluasi genom <i>L. plantarum</i> BRIN8	18
3.4.11 Nomor akses data sekuens genom	19
3.4.12 Anotasi dan analisis fungsional genom	19
3.4.13 Analisis genom komparatif	20
3.5 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Karakteristik Substrat dan Standardisasi Suspensi <i>L. plantarum</i> BRIN8	21
4.2 Respons Fermentasi Rumen secara <i>In Vitro</i>	22
4.3 Karakteristik Genom <i>L. plantarum</i> BRIN8	26



4.4	Analisis Genom Komparatif Antarstrain <i>L. plantarum</i>	30
4.5	Pembahasan	32
V	SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Simpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	52
	RIWAYAT HIDUP	54

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	Komposisi kimia dan kandungan nutrisi substrat	21
2	Jumlah bakteri asam laktat kultivabel dalam cairan fermentasi setelah 24 jam inkubasi	22
3	Produksi gas kumulatif fermentasi rumen <i>in vitro</i> dengan suplementasi <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8	23
4	Parameter kinetika produksi gas berdasarkan model Ørskov dan McDonald	24
5	Kecernaan bahan kering dan fraksi serat substrat pelepah sawit secara <i>in vitro</i> dengan suplementasi <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8	25
6	Profil VFA, pH, dan konsentrasi NH ₃ -N fermentasi rumen <i>in vitro</i> dengan suplementasi <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8	26
7	Karakteristik rakitan dan kualitas genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8	27
8	Karakteristik genom sembilan strain <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> dari berbagai relung ekologis	30
9	Fitur genomik <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8 dan potensi keterkaitannya dengan fermentasi rumen	36

DAFTAR GAMBAR

1	Morfologi <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8.	5
2	Hubungan komponen bahan tanaman dengan fraksi serat berdasarkan metode Van Soest.	6
3	Skema sederhana fermentasi karbohidrat di dalam rumen. (Ungerfeld 2020).	8
4	Diagram alir penelitian	14
5	Kurva standar <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8 berdasarkan hubungan antara OD600 dan jumlah sel kultivabel.	22
6	Produksi gas kumulatif fermentasi rumen <i>in vitro</i> pada berbagai dosis suplementasi <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8 selama 48 jam inkubasi.	24
7	Representasi sirkular rakitan genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8.	27
8	Klasifikasi fungsional genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8 berdasarkan basis data KEGG (a), Gene Ontology (b), dan CAZy (c).	29
9	Organisasi gen pada lokus kandidat bakteriosin dalam genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BRIN8 berdasarkan BAGEL4, yang meliputi lokus plantaricin K (a) dan plantaricin E/F (b).	30
10	Pohon filogenom sembilan strain <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> berdasarkan kelompok ortolog inti salinan tunggal.	31
11	Diagram UpSet distribusi kluster ortolog pada sembilan genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> berdasarkan analisis OrthoVenn3.	31
12	Matriks distribusi kluster ortolog pada sembilan genom <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> berdasarkan analisis OrthoVenn3.	32



DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media de-Man Rogosa and Sharpe Agar (MRSA)	53
2	Komposisi bufer McDougall	53
3	Komposisi bufer A + B mix	53



@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.