

ANALISIS KOMPARATIF PERFORMA TUMBUH DAN PROFIL METABOLIT SALURAN PENCERNAAN AYAM YANG DIBERI PAKAN MENGANDUNG *Bacillus coagulans* DAN *Lactobacillus plantarum*

EIGMON INDRA PRADHIKA



PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
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.



@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 “Analisis komparatif performa tumbuh dan profil metabolit saluran pencernaan ayam yang diberi pakan mengandung *Bacillus coagulans* dan *Lactobacillus plantarum*” 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, Mei 2025

Eigmon Indra Pradhika
P0501202025

RINGKASAN

EIGMON INDRA PRADHIKA. Analisis komparatif performa tumbuh dan profil metabolit saluran pencernaan ayam yang diberi pakan mengandung *Bacillus coagulans* dan *Lactobacillus plantarum*. Dibimbing oleh ANJA MERYANDINI dan RIKA INDRI ASTUTI.

Suplementasi probiotik merupakan alternatif dari penggunaan antibiotik pada pakan yang disebut sebagai *Antibiotic Growth Promotor* (AGP). Salah satu solusi alternatif AGP adalah suplementasi probiotik. Probiotik berbasis *L. plantarum* dan *B. coagulans* diketahui dapat meningkatkan performa pertumbuhan ayam broiler. Namun manfaat ini belum terlalu jelas memberikan informasi perbedaan senyawa metabolit penting dari kedua jenis probiotik tersebut. Analisis metabolit diketahui dapat memberikan gambaran mengenai keberagaman senyawa hasil metabolit dari probiotik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbedaan karakteristik performa pertumbuhan ayam, perbedaan profil metabolit dan hubungan antara perbedaan profil metabolit dengan performa pertumbuhan ayam pada pemberian probiotik *L. plantarum* dan *B. coagulans* pada saluran pencernaan ayam broiler.

Sebanyak 120 ekor Ayam Broiler Ross 308 diberikan pakan perlakuan dengan suplementasi *L. plantarum* (LP), *B. coagulans* (BC), dan *B. coagulans* dicampur dengan *L. plantarum* (BCLP). Perlakuan tanpa probiotik didesain sebagai kontrol (C). Enumerasi probiotik pada produk dan pakan selama pemeliharaan dilakukan dengan penanaman pada medium, pra-perlakuan sampel dan kondisi inkubasi yang sesuai. Parameter kinerja pertumbuhan yang dievaluasi adalah rata-rata bobot, *adjustment Feed Conversion Ratio* (adjFCR), *cumulative Feed Intake* (cumFI) dan *Performance Efficiency Factor* (PEF). Analisis metabolit dilakukan dengan metode pemprofilan metabolit pada sampel sekum yang terdiri atas analisis senyawa spektrum luas dan analisis senyawa volatil menggunakan instrumen GCMS. Metabolit yang teridentifikasi kemudian dianalisis proporsi kemunculan metabolit pada sampel, PCA dan PLSDA (*VIP score* dan *heatmap*). Hubungan antara performa pertumbuhan dan profil metabolit dilakukan dengan menseleksi performa yang berbeda signifikan yang direlasikan dengan konsentrasi relatif dari metabolit penting yang memiliki *VIP score* >1.

Hasil enumerasi pada produk probiotik *L. plantarum* dan *B. coagulans* dinyatakan masuk dalam keberterimaan sehingga dinyatakan konsentrasinya seragam. Namun jumlah probiotik aktual pada pakan untuk semua perlakuan saat awal pemeliharaan menunjukkan jumlah yang turun signifikan dari jumlah teoretis sebesar 70,7 % untuk LP, 71,3 % untuk BC dan 77,6 % untuk BCLP. Selain itu, jumlah probiotik selama waktu pemeliharaan juga mengindikasikan terdapat penurunan sebesar 68,7 % untuk LP, 58,9 % untuk BC dan 34,1 % untuk BCLP.

Sebanyak 120 ekor ayam yang dipelihara hanya satu ayam yang menunjukkan stunting sehingga mengurangi jumlah sampel pada perlakuan BCLP. Analisis perbedaan performa pertumbuhan menghasilkan hanya parameter rata-rata bobot yang berbeda nyata ($p \leq 0,05$) dengan bobot tertinggi sampai terendah secara berurutan adalah LP, BCLP, BC, C setelah diuji dengan uji statistik parametrik.

Parameter lainnya yaitu, adjFCR, cumFI, dan PEF, tidak memberikan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$) setelah diuji dengan uji statistik non parametrik.

Metode analisis metabolit menunjukkan performa yang baik dari hasil uji blangko, uji keberulangan data, dan uji standar senyawa. Kategori metabolit yang teridentifikasi sebagian besar adalah jenis asam amino dan jenis asam lemak. Metabolit yang cukup menonjol berdasarkan perubahan proporsi kemunculan pada sampel di antaranya adalah asam asetat, valina, mio-inositol dan 1-oktadekanol. Analisis metabolit yang memiliki proporsi $>0,8$ antar perlakuan menggunakan analisis PCA *score plot* memberikan hasil tidak berbeda nyata. Metabolit yang memberikan kontribusi yang cukup besar dari hasil analisis PCA *loading plot* adalah asam palmitat 1-oktadekanol, dan 5-oksoprolina.

Pemetaan metabolit antar perlakuan pada *heatmap* memperlihatkan bahwa perlakuan LP satu grup dengan BC kemudian berlanjut dengan jarak lebih jauh dikelompokkan ke C, sedangkan BC memberikan profil yang paling berbeda jauh dibandingkan perlakuan lainnya. Metabolit penting dengan proporsi $>0,8$ dari hasil analisis PLSDA dengan VIP *score* >1 adalah asam asetat, asam laktat, asam butanoat, 1-oktadekanol dan asam palmitat. Metabolit yang dapat dinyatakan sebagai metabolit pembeda antara perlakuan pemberian probiotik *L. plantarum* dan *B. coagulans* adalah meningkatnya asam asetat, asam laktat dan asam butanoat pada perlakuan *L. plantarum* dibandingkan dengan *B. coagulans*.

Hubungan antara profil metabolit penting (proporsi $>0,8$ dan VIP *score* >1) dan performa tumbuh dengan perbedaan signifikan (rata-rata bobot) dapat dinyatakan sebagai metabolit pembeda yang dapat memberikan pengaruh performa yang signifikan. Metabolit pembeda sebagai pembeda performa rata-rata bobot yang baik adalah meningkatnya asam laktat. Metabolit pembeda tanpa suplementasi probiotik dengan performa paling buruk adalah meningkatnya 1-oktadekanol dan asam palmitat.

Kata kunci: probiotik, performa pertumbuhan, profil metabolit, PCA, VIP *score*

SUMMARY

EIGMON INDRA PRADHIKA. Comparative analysis of growth performance and metabolite profile in the digestive tract of chickens fed with *Bacillus coagulans* and *Lactobacillus plantarum*. Supervised by ANJA MERYANDINI and RIKA INDRI ASTUTI.

Probiotic supplementation is an alternative to the use of antibiotics in feed, commonly referred to as Antibiotic Growth Promoters (AGP). One alternative solution to AGP is probiotic supplementation. Probiotics based on *L. plantarum* and *B. coagulans* are known to enhance the growth performance of broiler chickens. However, the benefits remain unclear regarding the differences in key metabolite compounds produced by the two types of probiotics. Metabolite analysis can provide insight into the diversity of metabolite compounds derived from probiotics. This study aims to determine the differences in growth performance characteristics, metabolite profiles, and the relationship between metabolite profile differences and chicken growth performance when administering *L. plantarum* and *B. coagulans* in the digestive tract of broiler chickens.

A total of 120 Ross 308 broiler chickens were fed with diets supplemented with *L. plantarum* (LP), *B. coagulans* (BC), and a combination of *B. coagulans* and *L. plantarum* (BCLP). A control group (C) received no probiotic supplementation. Enumeration of probiotics in the products and feed during the maintenance period was carried out using plating methods with appropriate media, sample pre-treatment, and incubation conditions. Evaluated growth performance parameters included average body weight, adjusted Feed Conversion Ratio (adjFCR), cumulative Feed Intake (cumFI), and Performance Efficiency Factor (PEF). Metabolite analysis was conducted through metabolite profiling of cecal samples, including broad-spectrum compound analysis and volatile compound analysis using GC-MS instruments. Identified metabolites were analyzed for occurrence proportions, PCA and PLSDA (VIP scores and heatmap). The relationship between growth performance and metabolite profiles was examined by correlating significantly different performance parameters with the relative concentrations of important metabolites with VIP scores >1.

Enumeration results for *L. plantarum* and *B. coagulans* probiotic products were within acceptable ranges, indicating uniform concentrations. However, the actual probiotic counts in the feed at the beginning of the rearing period showed a significant decrease from the theoretical amount: 70.7% for LP, 71.3% for BC, and 77.6% for BCLP. Moreover, probiotic counts declined further during the rearing period, decreasing by 68.7% for LP, 58.9% for BC, and 34.1% for BCLP.

Out of the 120 chickens raised, only one exhibited stunted growth, reducing the sample size for the BCLP treatment group. Analysis of growth performance differences showed that only the average body weight parameter was significantly different ($p \leq 0.05$), with the highest to lowest weights in the order of LP, BCLP, BC, and C, as determined by parametric statistical tests. Other parameters (adjFCR, cumFI, and PEF) did not show significant differences ($p \leq 0.05$) according to non-parametric statistical tests.

The metabolite analysis method demonstrated strong performance through blank tests, data repeatability tests, and standard compound tests. Most of the

identified metabolites were amino acids and fatty acids. Notable metabolites based on changes in occurrence proportions included acetic acid, valine, myo-inositol, and 1-octadecanol. PCA score plot analysis of metabolites with proportions >0.8 between treatments showed no significant differences. Major contributors identified in the PCA loading plot were palmitic acid, 1-octadecanol, and 5-oxoproline.

Heatmap of metabolites between treatments showed that the LP treatment grouped closely with BC, then more distantly with the control (C), while BC displayed the most distinct profile compared to other treatments. Key metabolites with occurrence proportions >0.8 and VIP scores >1 from PLSDA analysis included acetic acid, lactic acid, butanoic acid, 1-octadecanol, and palmitic acid. Metabolites that could differentiate between *L. plantarum* and *B. coagulans* treatments were increased acetic acid, lactic acid, and butanoic acid in the *L. plantarum* group compared to *B. coagulans*.

The relationship between key metabolite profiles (proportions >0.8 and VIP score >1) and significantly different growth performance (average body weight) can be considered distinguishing metabolites that significantly impact performance. Distinguishing metabolites associated with better average body weight performance included increased lactic acid. In contrast, distinguishing metabolites associated with the absence of probiotics and the poorest performance were increased levels of 1-octadecanol and palmitic acid.

Keywords: probiotics, growth performance, metabolite profile, PCA, VIP score



@Hak cipta milik IPB University

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 2025
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.

ANALISIS KOMPARATIF PERFORMA TUMBUH DAN PROFIL METABOLIT SALURAN PENCERNAAN AYAM YANG DIBERI PAKAN MENGANDUNG *Bacillus coagulans* DAN *Lactobacillus plantarum*

EIGMON INDRA PRADHIKA

Tesis
sebagai salah satu syarat syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Magister Bioteknologi
Sekolah Pascasarjana IPB

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

Prof. Dr. Dra. Triadiati M.Si.



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 : Analisis komparatif performa tumbuh dan profil metabolit saluran pencernaan ayam yang diberi pakan mengandung *Bacillus coagulans* dan *Lactobacillus plantarum*

Nama : Eigmon Indra Pradhika
NIM : P0501202025

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini M.S.

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



Digitally signed by:
Anja Meryandini
Date: 31 Mei 2025 09:25:23 WIB
Verify at dsign.ipb.ac.id



Digitally signed by:
Rika Indri Astuti
Date: 30 Mei 2025 09:31:44 WIB
Verify at dsign.ipb.ac.id

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP 196204191989031001

Dekan Sekolah Pascasarjana :
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop.,IPU
NIP 19700329 1996081 001



Digitally signed by:
Miftahudin
Date: 5 Jun 2025 12:25:29 WIB
Verify at dsign.ipb.ac.id



Digitally signed by:

Date: 5 Jun 2025 12:25:29 WIB
Verify at dsign.ipb.ac.id



@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

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 Allah Subhanaahu Wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah probiotik dan kimia analitik, dengan judul “Analisis komparatif performa tumbuh dan profil metabolit saluran pencernaan ayam yang diberi pakan mengandung *Bacillus coagulans* dan *Lactobacillus plantarum*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini M.S. dan Dr. Rika Indri Astuti S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi arahan dan saran. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kepala program studi Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si serta dosen-dosen dan tenaga kependidikan pada program studi Bioteknologi IPB yang telah membantu dalam melancarkan penyelesaian tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Johnny Wang M.Si M.B.A, Fitri Fegatella Ph.D., Dede Abdulrachman Ph.D. dan staf laboratorium departemen kimia terapan dari PT Nugen Bioscience Indonesia yang telah memberi izin, pembiayaan penelitian dan bantuan pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga dan rekan kerja yang telah memberikan dukungan moral dan doa.

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

Bogor, Mei 2025

Eigmon Indra Pradhika

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	XI
DAFTAR ISI.....	XII
DAFTAR TABEL.....	XIV
DAFTAR GAMBAR	XIV
I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>L. plantarum</i> dan <i>B. coagulans</i> sebagai Probiotik pada Ayam	4
2.2 Pengujian Probiotik pada Ayam	4
2.3 Metabolit Hasil Suplementasi Probiotik.....	5
2.4 Perbandingan Metabolit <i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>	6
2.5 Strategi Analisis Metabolomik	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Kerangka Penelitian.....	10
3.4 Prosedur Kerja	10
3.4.1 Perlakuan Diet dan Rancangan Percobaan	10
3.4.2 Enumerasi Probiotik	12
3.4.3 Pemeliharaan Ayam.....	12
3.4.4 Pengambilan Sampel	12
3.4.5 Metode Analisis Metabolit	13
3.5 Analisis data	14
3.5.1 Analisis Enumerasi Probiotik	14
3.5.2 Analisis Performa Pertumbuhan.....	14
3.5.3 Analisis Profil Metabolit	15
3.5.4 Analisis Hubungan Performa dan Profil Metabolit	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Enumerasi Probiotik	17
4.1.1 Probiotik pada Produk dan Pakan.....	17
4.1.2 Stabilitas Probiotik pada Pakan	18
4.2 Performa Pertumbuhan Ayam	19
4.3 Profil Metabolit	21
4.3.1 Karakteristik Metode Analisis Metabolit	21
4.3.2 Klasifikasi dan Proporsi Metabolit Teridentifikasi	21
4.3.3 Analisis Perbedaan antar Perlakuan	25
4.3.4 Identifikasi Metabolit Penting	26

4.3.5	Perbedaan Metabolit Penting antar Perlakuan	27
4.3.6	Pemetaan Metabolit Antar Perlakuan.....	29
4.4	Hubungan Performa Ayam dan Profil Metabolit	30
V	SIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1	Simpulan	34
5.2	Saran.....	34
	DAFTAR PUSTAKA	35
	LAMPIRAN	45
	RIWAYAT HIDUP	56

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Hasil pengujian probiotik pada ayam dengan suplementasi probiotik <i>L. plantarum</i> atau <i>B. coagulans</i> .	5
2	Metabolit yang timbul dari hasil suplementasi probiotik <i>L. plantarum</i> dan <i>B. coagulans</i> pada beberapa kondisi dan perlakuan.	6
3	Jumlah dugaan probiotik secara teoretis dan aktual pada pakan.	17
4	Performa pertumbuhan ayam untuk parameter rata-rata bobot, cumFI, adjFCR dan PEF.	19
5	Pengelompokkan struktur kimia dan proporsi kemuculan terhadap jumlah sampel senyawa metabolit yang terkonfirmasi.	22
6	Rasio proporsi kemuculan terhadap jumlah sampel setiap senyawa metabolit yang terkonfirmasi terhadap perlakuan C.	23
7	Hasil analisis statistik <i>omni bus test</i> dan <i>post hoc test</i> untuk metabolit penting dengan <i>VIP score</i> >1 ($\alpha = 0,05$).	28
8	Pemetaan hubungan antara parameter performa signifikan (rata-rata bobot) terhadap <i>heatmap</i> dan rasio profil metabolit penting yang memiliki <i>VIP score</i> >1.	30

DAFTAR GAMBAR

1	Grafik <i>Principal Component Anlysis</i> (PCA) (A) dan <i>heatmap</i> (B) hasil analisis metabolomik tidak tertarget dari hasil fermentasi susu oleh beberapa probiotik LAB dan <i>B. coagulans</i> (dimodifikasi dari Cukkemane <i>et al.</i> (2020)).	7
2	Berbagai tipe analisis metabolomik yaitu analisis tertarget, pemprofilan metabolit dan sidik jari metabolit (dimodifikasi dari Krastanov (2010)).	8
3	Diagram alur penelitian.	11
4	Konfigurasi kandang dengan susunan perlakuan secara acak untuk setiap ruangan (ruang A dan B) dengan masing-masing kandang berjumlah 5 ayam. LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>), C (Kontrol).	11
5	Hasil enumerasi presumptif probiotik pada pakan ($\log_{10}$ CFU/kg) pada awal sampai akhir pemeliharaan dengan interval enumerasi selama 2 hari. LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	18
6	Grafik perbedaan probiotik yang dikonsumsi (0-30 hari) antar perlakuan suplementasi probiotik. Garis vertikal (bar) adalah <i>standar error</i> . LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	21
7	Grafik PCA <i>loading plot</i> untuk proporsi metabolit terhadap jumlah sampel. Semakin jauh dari pusat maka metabolit tersebut semakin berpengaruh terhadap varian data.	24
8	Grafik PCA <i>score plot</i> , dapat memvisualisasikan data yang diproyeksikan ke dalam ruang dengan dimensi yang lebih rendah,	

	sehingga memberikan gambaran perbedaan antar perlakuan secara keseluruhan. C (kontrol), LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	26
9	Grafik VIP score dari metabolit penting disertai intensitas relatif metabolit untuk semua perlakuan. C (kontrol), LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	27
10	Grafik box-plot untuk metabolit penting dari analisis metabolomik senyawa spektrum luas yang menggambarkan sebaran intensitas metabolit antar perlakuan. C (kontrol), LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	28
11	Grafik box-plot untuk metabolit penting dari analisis metabolomik senyawa volatil yang menggambarkan sebaran intensitas metabolit antar perlakuan. C (kontrol), LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	28
12	Heatmap dari metabolit teridentifikasi dengan proporsi >0,8 yang menggambarkan hirarki pengelompokan kedekatan perlakuan C, LP, BC dan BCLP serta pengelompokan jenis metabolit berdasarkan pola kadar relatif metabolit antar perlakuan tersebut. C (kontrol), LP (<i>L. plantarum</i>), BC (<i>B. coagulans</i>), BCLP (<i>B. coagulans</i> dan <i>L. plantarum</i>).	29
13	Reaksi metabolisme pembentukan wax esters atau triasilgliserol dari alkohol lemak atau diasilgliserol (dari Röttig & Steinbüchel (2013)	31
14	Jalur pembentukan metabolit SCFA dari monosakarida. (dari Liu <i>et al.</i> (2021).	32

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.