

MULTIOMIK MIKROBIOTA, EKSPRESI GEN, DAN METABOLIT USUS UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERKAIT PERTUMBUHAN DAN IMUNITAS

SUTANTI



PROGRAM STUDI ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025



IPB University

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Multiomik Mikrobiota, Ekspresi Gen, dan Metabolit Usus Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Terkait Pertumbuhan dan Imunitas” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Januari 2025

Sutanti

C1601211001



RINGKASAN

SUTANTI. Multiomik mikrobiota, ekspresi gen, dan metabolit usus udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terkait pertumbuhan dan imunitas. Dibimbing oleh SUKENDA, WIDANARNI, ALIMUDDIN, dan RATU SITI ALIAH.

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas ekspor unggulan akuakultur. Keberlanjutan budidaya udang yang ramah lingkungan dengan produksi yang tinggi dapat diwujudkan melalui upaya peningkatan imunitas dan performa pertumbuhan udang vaname dengan pemanfaatan probiotik yang berbasis inang atau *host-associated probiotic*. Eksplorasi, skrining, dan uji aplikasi probiotik yang terintegrasi dengan pemanfaatan teknologi multiomik merupakan metode terbaru untuk mendapatkan probiotik yang lebih cepat dan akurat. Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengembangkan probiotik berbasis inang udang vaname sehat melalui pendekatan multiomik.

Ruang lingkup penelitian ini terdiri dari lima tahap. Penelitian tahap pertama bertujuan untuk mengevaluasi profil metagenomik mikrobiota dan skrining kandidat probiotik baru dari sampel usus udang vaname sehat pada berbagai stadia. Metagenomik mikrobiota di usus udang pada stadia naupli, pascalarva-10 (PL-10), udang umur 40 hari, dan udang umur 80 hari dilakukan menggunakan penanda sekuen gen 16S rRNA daerah hipervariabel V3-V4. Jumlah sekuen yang terdeteksi menunjukkan total 54 filum dan sejumlah 34 dari 557 genus teridentifikasi sebagai "*core intestine bacteria*". Metadata tersebut digunakan sebagai dasar skrining kandidat probiotik dan dilanjutkan sesuai analisis pengujian probiotik potensial yang meliputi uji patogenisitas, resistansi antibiotik, antibakteri *Vibrio parahaemolyticus* Vp5, aktivitas enzim amilase, lipase, protease, dan chitinase, serta morfologi bakteri menggunakan SEM (*scanning electron microscope*). Tiga isolat berhasil diidentifikasi sebagai novel kandidat indigenus probiotik yaitu *Shewanella algae* A3 (nomor aksesori GenBank OR915453), *Shewanella algae* A1 (nomor aksesori GenBank OR915455), dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 (nomor aksesori GenBank PP411195).

Penelitian tahap kedua bertujuan untuk mengevaluasi dosis *lethal dose-50* (LD-50) dan efek perbedaan konsentrasi infeksi *V. parahaemolyticus* Vp5 pada udang vaname menggunakan pendekatan metabolomik usus udang. Udang vaname berukuran $2,00 \pm 0,50$ g diinfeksi dengan *V. parahaemolyticus* Vp5 dosis 10^3 , 10^4 , 10^5 , dan 10^6 CFU/ml yang kemudian dianalisis LD-50, *survival rate* (SR), histologi usus dan hepatopankreas, dan profil metabolomik usus udang berdasarkan metode GC-MS (*gas chromatography mass spectrometry*). Bakteri *V. parahaemolyticus* Vp5 digunakan sebagai bakteri patogen dalam analisis performa imunitas dan konsentrasi yang digunakan adalah sesuai LD-50 yaitu 10^5 CFU/ml. Hasil analisis metabolomik menunjukkan bahwa *V. parahaemolyticus* Vp5 mengubah profil metabolit dimana udang sehat memiliki konsentrasi pentacosane dan octosane-1-iodo lebih tinggi dibandingkan udang sakit. Hepatopankreas dan usus mengalami kerusakan berdasarkan analisis histologi. *Differential metabolites* (DMs) menunjukkan bahwa *V. parahaemolyticus* Vp5 menghambat sistem imun, metabolisme steroid, dan metabolisme kolesterol. Biomarker analisis menunjukkan bahwa eicosane dan tetracosane meningkat pada usus udang vaname yang terinfeksi akut. Pentacosane, octacosane-1-iodo, eicosane, dan tetracosane merupakan biomarker penting di usus udang vaname yang berasosiasi dengan infeksi *V. parahaemolyticus* Vp5 berdasarkan pendekatan metabolomik.

Penelitian tahap ketiga bertujuan mengevaluasi efek pemberian pakan dengan suplementasi kandidat indigenus probiotik pada respons imun, ekspresi gen, histologi, dan ketahanan udang vaname terhadap bakteri patogen *V. parahaemolyticus* Vp5. Udang sehat ($2,00 \pm 0,50$ g) digunakan dalam penelitian ini dan metode pemberian probiotik melalui pakan yang diberikan selama 30 hari. Lima perlakuan menggunakan 150 ekor udang yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

meliputi grup K (+) diinfeksi dan tanpa probiotik, grup K (-) tidak diinfeksi dan tanpa probiotik, grup A diinfeksi dan pakan probiotik *S. algae* A3, grup B diinfeksi dan pakan probiotik *Serratia marcescens* Van80 UB3, dan grup C diinfeksi dan pakan probiotik campuran *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 masing-masing dengan dosis 10^6 CFU/g. Udang vaname yang diberi campuran pakan indigenus probiotik *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 menunjukkan nilai sintasan tertinggi, level ekspresi gen *proPO* dan *serine protease* pada organ usus, otot, dan hepatopankreas meningkat signifikan, level ekspresi gen *cathepsin-L* terkait pertumbuhan otot menurun, respons imun meningkat, dan histologi hepatopankreas dan usus menunjukkan bahwa suplementasi probiotik tidak merusak jaringan. Suplementasi indigenus probiotik dengan campuran *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 dosis 10^6 CFU/g mampu meningkatkan proteksi terhadap *V. parahaemolyticus* Vp5.

Penelitian tahap keempat bertujuan untuk mengevaluasi performa pertumbuhan, imunitas, ekspresi gen, dan aktivitas enzim pencernaan udang vaname yang diberikan pakan dengan suplementasi kandidat indigenus probiotik. Sebanyak 600 ekor udang pascalarva-10 (PL-10) digunakan dalam empat perlakuan yaitu grup A (*S. algae* A3), grup B (*Serratia marcescens* Van80 UB3), grup C (campuran bakteri *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3) masing-masing dengan dosis 10^6 CFU/g pakan dan grup kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa pertumbuhan, aktivitas enzim pencernaan, level ekspresi gen *IGF-1*, *ecdysteroid*, dan *myosin* di usus, hepatopankreas, dan otot di grup C lebih tinggi dibandingkan kontrol. Penelitian ini merekomendasikan suplementasi campuran *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 dengan dosis 10^6 CFU/g pakan dapat meningkatkan performa pertumbuhan dan imunitas skala laboratorium.

Penelitian tahap kelima bertujuan untuk mengevaluasi parameter produksi dan pendekatan metabolomik pada pemberian pakan dengan suplementasi kandidat indigenus probiotik *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 selama 30 hari di udang vaname skala lapangan. Sebanyak 200 ekor udang (bobot: $3 \pm 0,33$ g) digunakan pada grup P (probiotik dengan perbandingan setara 10^6 CFU/g *S. algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3) dan grup K (tanpa pakan probiotik) dengan lima ulangan dan dipelihara selama 90 hari yang kemudian dilakukan analisis metabolomik usus udang dengan metode LC-HRMS (*liquid chromatography high resolution mass spectrometry*), performa pertumbuhan, dan respon imun. Udang vaname dengan perlakuan probiotik memiliki nilai sintasan lebih tinggi yaitu $78,67 \pm 3,81$ % secara signifikan dibandingkan kontrol $23,50 \pm 4,82$ %. Parameter respons imun dan total biomassa panen lebih tinggi di grup P dibandingkan dengan grup K. Sebanyak 52 metabolit berhasil diidentifikasi dari sampel usus udang vaname. Berdasarkan biomarker analisis diperoleh metabolit spinganine, DL-stachydrine, dan DL- β -Leucine mengalami peningkatan kelimpahan dan metabolit linoleamide turun pada grup P. Perlakuan pakan probiotik mempengaruhi tiga jalur yaitu metabolisme glycine, serine, dan threonine, metabolisme pirimidin, dan biosintesis *unsaturated fatty acids*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan indigenus probiotik di udang vaname dapat meningkatkan produktivitas udang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa indigenus probiotik *Shewanella algae* A3 dan *Serratia marcescens* Van80 UB3 yang diperoleh dari tahapan eksplorasi, skrining, dan uji aplikasi probiotik yang terintegrasi dengan pemanfaatan teknologi multiomik yaitu metagenomik dan metabolomik terbukti mampu meningkatkan respons imun, performa pertumbuhan, dan produktivitas udang vaname.

Kata kunci: metabolomik, metagenomik, multiomik, probiotik, udang vaname

SUMMARY

SUTANTI. Multiomic microbiota, gene expression, and metabolite of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) intestine related growth and immunity. Supervised SUKENDA, WIDANARNI, ALIMUDDIN, and RATU SITI ALIAH.

Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is Indonesia's famous aquaculture export commodity. The high production, sustainability, and eco-friendly shrimp culture can be risen by increasing the immune response and growth performance using a host-associated probiotics approach. The exploration, screening, and application of probiotics based on multi-omic technology is a new signature for finding novel probiotics more accurately and faster. This study aims to develop host-associated probiotics from healthy shrimp using multiomics approaches.

This study was conducted in five stages. The first stage aims to evaluate metagenomic microbiota profiling and screening approach of potential indigenous probiotics from the healthy shrimp intestine in different stages. Metagenomics microbiota in the shrimp intestine is conducted using nauplii, post larval-10, juvenile (40 days), and adult (80 days) using 16S rRNA gene V3-V4 hypervariable region. Fifty-four phylum was indentified, 34 genera from 557 genera were detected as core intestine bacteria. The metadata was used as a database for screening probiotics candidates and continued for probiotics assessment methods such as pathogenicity test, antibiotic resistance, anti bacterial against *Vibrio parahaemolyticus* Vp5, amylase, lipase, protease, and chitinase enzyme activity, and bacterial morphology using SEM (scanning electron microscope). Three isolates was identified as novel indigenous probiotics candidates such as *Shewanella algae* A3 (accession number of GenBank OR915453), *Shewanella algae* A1 (accession number of GenBank OR915455), and *Serratia marcescens* Van80 UB3 (accession number of GenBank PP411195).

The second stage of this study aimed to evaluate the metabolomics profile of shrimp intestine after different concentrations of *V. parahaemolyticus* Vp5 challenges. Healthy cultured shrimp weighing $2 \pm 0,50$ g were challenged using the intramuscular method with four different concentrations (10^3 , 10^4 , 10^5 , and 10^6 CFU/ml) of *V. parahaemolyticus* Vp5 and then subjected to non-targeted volatile metabolite analysis via gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Among the five groups tested, the three exposed to higher concentrations of *V. parahaemolyticus* Vp5 (10^4 , 10^5 , and 10^6 CFU/ml) showed significant mortality rates ($P < 0,05$). Sixty-two metabolite compounds were identified from the intestine samples. Metabolomic analysis revealed that *V. parahaemolyticus* Vp5 altered the metabolite profile. The healthy shrimp had a significantly greater concentration of pentacosane and octacosane-1-iodo than the infected shrimp. Pentacosane and octacosane-1-iodo were lost in abundance in acute infection with *V. parahemolyticus* Vp5. The hepatopancreas and intestine were damaged based on histopathological examination. The differential metabolites (DMs) exhibit that this pathogen bacteria disrupt the immune system, steroid metabolism, and cholesterol metabolism. Our findings showed that based on biomarker analysis, metabolites eicosane and tetracosane were increased in acute infection of *V. parahaemolyticus* Vp5. Pentacosane, octacosane-1-iodo, eicosane and tetracosane were represented as putative important intestine biomarkers associated with *V. parahaemolyticus* Vp5 infection in shrimp.

The third stage aimed to evaluate the effect of indigenous probiotics *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3 on immunity, histopathology, gene expression, and its protection against pathogen bacteria AHPND-caused strain *V. parahaemolyticus* Vp5 of Pacific white shrimp ($2 \pm 0,50$ g) by a 30-day feeding experiment. Five treatment groups using 150 shrimp of post larvae-10 (PL-10) including 10^6 CFU/g single indigenous probiotic A (*S. algae* A3), 10^6 CFU/g single indigenous probiotic B (*Serratia marcescens*



Van80 UB3), 10^6 CFU/g multi indigenous probiotic C (mix equal portion of *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3), common feeding without infection (positive control), and common feeding (negative control) were designed. After 30 days of feeding trial, the shrimp were challenge with *V. parahaemolyticus* Vp5 and survival percentage was recorded for 14 days. As a result, Pacific white shrimp showed a significant higher survival rate, enhance gene expression-related immunity in the intestine, muscle, and hepatopancreas including proPO and serine protease, and increased gene expression of cathepsine L- related muscle in C group. Immune response parameters after 14-day challenge was higher in multi indigenous probiotic C group compared to the other groups. Histological analysis of the intestine and hepatopancreas indicated that probiotic supplement treatment has better conditions of normal tissue than the negative control. Finally, the results strongly recommended enriched Pacific white shrimp diets with 10^6 living bacteria in mix equal to the portion of *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3 per gram of diet.

The fourth stage aimed to evaluate the effect of probiotic fed on growth performance. Four treatment groups using 600 shrimp of post larvae-10 (PL-10) including 10^6 CFU/g single indigenous probiotic A (*S. algae* A3), 10^6 CFU/g single indigenous probiotic B (*Serratia marcescens* Van80 UB3), 10^6 CFU/g multi indigenous probiotic C (mix of *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3), and common feeding (control) were designed. The Pacific white shrimp exhibited improved growth, enhance digestive capacity, normal histology, increased expression of growth-related genes, and stronger immunity when fed indigenous probiotics. Relative gene expression of IGF-1, ecdysteroid, and myosin in the intestines, hepatopancreas, and muscles in group C was higher than in the control group. Finally, the results strongly recommended enriched Pacific white shrimp diets with 10^6 living bacteria mix indigenous probiotics per gram of diet to enhance shrimp growth performance and immunity.

The fifth stage evaluated the effect of indigenous probiotics *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3 on metabolomics and parameters production of Pacific white shrimp by a 30-day feeding experiment and 30-day maintenance in the semi-field trial. Five treatment groups using 200 shrimp (BW: $3 \pm 0,33$ g) including 10^6 CFU/g indigenous probiotic (mix equal portion of *S. algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3) (P group) and common feeding without probiotics diet as control (K group) were designed. As a result, Pacific white shrimp showed a significant higher survival rate, enhance immune response, and increase total biomass of harvest in P group compare to the K group. Fifty-two metabolites compounds were identified from the intestine samples. Based on biomarker analysis, metabolites spinganine, DL-Stachydrine, and DL- β -Leucine were increased and metabolites linoleamide was decreased in diets probiotics group. The probiotics diet are interfere the three pathways including glycine, serine, and threonine metabolism, pyrimidine metabolism, and biosynthesis of unsaturated fatty acids. Finally, the results proved that indigenous probiotics feeding enriched Pacific white shrimp diets could raise shrimp productivity.

The study concluded that indigenous probiotics *Shewanella algae* A3 and *Serratia marcescens* Van80 UB3, resulting from exploration, screening, and application with multi-omics approach, can enhance immune response, growth performance, and shrimp culture productivity.

Keywords: *metabolomics, metagenomics, multiomic, probiotic, pacific white shrimp*



- 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.



MULTIOMIK MIKROBIOTA, EKSPRESI GEN, DAN METABOLIT USUS UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) TERKAIT PERTUMBUHAN DAN IMUNITAS

Sutanti

Disertasi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada
Program Studi Ilmu Akuakultur

**PROGRAM STUDI ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. Ocky Karna Radjasa, M.Sc.
(Kepala Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional-BRIN)
2. Prof. Dr. Munti Yuhana, S.Pi., M.Si.
(Dosen Departemen Budidaya Perairan, IPB)

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

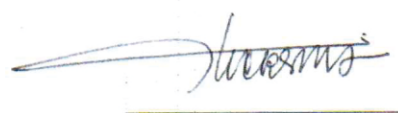
1. Prof. Ocky Karna Radjasa, M.Sc.
(Kepala Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional-BRIN)
2. Prof. Dr. Munti Yuhana, S.Pi., M.Si.
(Dosen Departemen Budidaya Perairan, IPB)

Judul Disertasi : Multiomik Mikrobiota, Ekspresi Gen, dan Metabolit Usus
Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Terkait
Pertumbuhan dan Imunitas
Nama : Sutanti
NIM : C1601211001

Disetujui oleh:
Komisi Pembimbing

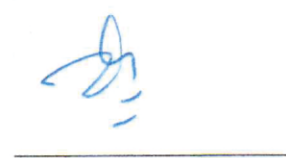
Ketua:
Prof. Dr. Ir. Sukenda, M.Sc.
Anggota 1:
Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si.
Anggota 3:
Prof. Dr Alimuddin, S.Pi. M.Sc.
Anggota 4:
Dr. Ir. Ratu Siti Aliah, M.Sc.



Diketahui oleh:

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Iis Diatin, M.M.
NIP. 196309081990022001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 196307311988031002



Tanggal Ujian: 3 Desember 2024

Tanggal Pengesahan:

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 mengumunkan 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 kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2022 sampai bulan Januari 2024, dengan judul “Multiomik Mikrobiota, Ekspresi Gen, dan Metabolit Usus Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Terkait Pertumbuhan dan Imunitas”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Sukenda, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si, Prof. Dr Alimuddin, SPi. M.Sc, dan Dr. Ir. Ratu Siti Aliah, M.Sc. selaku komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc. dan Prof. Dr. Munti Yuhana, S.Pi., M.Si. Penghargaan juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Iis Diatin, M.M. sebagai ketua program studi yang telah memberikan saran dan masukan. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Kepala BRIN dan Tim Perikanan di Kelompok Riset Akuakultur Maju. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada Bapak, Ibu, Suami, Anak-anak, dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang.

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

Bogor, Januari 2025

Sutanti







DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Kebaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	6
1.7 Hipotesis Penelitian	6
II. METAGENOMIK MIKROBIOTA USUS VANAME DI BERBAGAI STADIA DAN SKRINING BAKTERI KANDIDAT PROBIOTIK	7
2.1 Abstrak	7
2.2 Pendahuluan	7
2.3 Metode Penelitian	8
2.4 Analisis Data	10
2.5 Hasil	12
2.6 Pembahasan	20
2.7 Simpulan	23
III. PROFIL METABOLOMIK USUS UDANG VANAME SETELAH DIINFEKSI BERBAGAI KONSENTRASI BAKTERI PATOGEN <i>Vibrio parahaemolyticus</i> Vp5	24
3.1 Abstrak	24
3.2 Pendahuluan	25
3.3 Metode Penelitian	26
3.4 Analisis Data	28
3.5 Hasil	28
3.6 Pembahasan	35
3.7 Simpulan	37
IV. EVALUASI RESPON IMUN, EKSPRESI GEN, HISTOLOGI, DAN KETAHANAN UDANG VANAME TERHADAP BAKTERI PATOGEN <i>Vibrio parahaemolyticus</i> Vp5	38
4.1 Abstrak	38
4.2 Pendahuluan	39
4.3 Metode Penelitian	40
4.4 Analisis Data	44
4.5 Hasil	44
4.6 Pembahasan	47
4.7 Simpulan	49
V. EVALUASI PERFORMA PERTUMBUHAN, IMUNITAS, EKSPRESI GEN, DAN AKTIVITAS ENZIM PENCERNAAN UDANG VANAME YANG DIBERI PAKAN PROBIOTIK	50
5.1 Abstrak	50
5.2 Pendahuluan	51
5.3 Metode Penelitian	52

5.4 Analisis Data	55
5.5 Hasil	55
5.6 Pembahasan	60
5.7 Simpulan	62
VI. METABOLOMIK DAN PERFORMA PRODUKSI UDANG VANAME YANG DIBERI PAKAN PROBIOTIK	
6.1 Abstrak	63
6.2 Pendahuluan	64
6.3 Metode Penelitian	65
6.4 Analisis Data	66
6.5 Hasil	67
6.6 Pembahasan	70
6.7 Simpulan	72
VII. PEMBAHASAN UMUM	73
VIII. SIMPULAN DAN SARAN	
8.1 Simpulan	79
8.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
RIWAYAT HIDUP	91



DAFTAR TABEL

1	Data sekuen efektif dari hipervariabel 16S rRNA <i>region</i> V3-V4	13
2	Indeks kelimpahan dan keanekaragaman dalam empat kelompok stadia	15
3	Patogenesis, aktivitas antagonistik, resistansi antibiotik, dan aktivitas enzim pencernaan isolat kandidat probiotik	18
4	Rancangan perlakuan efek perbedaan konsentrasi infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 pada udang vaname	27
5	Jalur atau <i>pathways</i> di usus udang vaname yang dipengaruhi oleh infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	34
6	Metabolit di usus udang vaname yang teridentifikasi sebagai <i>putative biomarkers</i> untuk akut infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	34
7	Metabolit yang teridentifikasi sebagai <i>putative biomarkers</i> untuk infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> penyebab AHPND di udang vaname	37
8	Rancangan perlakuan efek perbedaan konsentrasi infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 pada udang vaname	41
9	Sekuen primer gen pertumbuhan dan imunitas yang digunakan untuk real-time PCR	42
10	THC (<i>total haemocyte count</i>), <i>respiratory burst</i> , aktivitas phenol oxidase, dan aktivitas fagositosis udang vaname dengan perlakuan tanpa probiotik dan suplementasi probiotik serta pasca infeksi 20 µl bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 dengan konsentrasi 10 ⁵ CFU/mL	47
11	Rancangan perlakuan efek probiotik terhadap pertumbuhan udang vaname	53
12	Primer gen terkait pertumbuhan dan gen referens yang digunakan untuk real-time PCR	54
13	Parameter pertumbuhan udang vaname yang diberi pakan indigenus probiotik <i>Shewanella algae</i> A3 (grup A), <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup B), dan <i>equal mix</i> probiotik (<i>Shewanella algae</i> UB3 + <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3) (grup C)	55
14	Histologi usus dan hepatopankreas udang vaname yang diberi pakan indigenus probiotik <i>Shewanella algae</i> A3 (grup A), <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup B), dan <i>equal mix</i> probiotik (<i>Shewanella algae</i> UB3 + <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3) (grup C)	58
15	THC, RB, fenol oksidase, dan aktivitas fagositosis udang kontrol dan perlakuan pemberian pakan indigenus probiotik	60
16	Parameter produksi udang vaname grup K dan grup P (<i>Shewanella algae</i> A3 + <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3)	67

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

17	<i>Total haemocyte count, respiratory burst, phenol oxidase activity, dan lysozyme activity</i> udang vaname grup K serta grup P	68
18	Histologi usus dan hepatopankreas udang di grup K dan grup P	68
19	Biomarker analisis yang berasosiasi dengan suplementasi pakan indigenus probiotik	70
20	Tiga filum dominan di mikrobiota usus udang vaname	74
21	Jenis, dosis, dan efek probiotik pada udang vaname	75

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran pengembangan <i>host-associated probiotic</i> pada udang vaname	6
2	Distribusi filum dominan di usus udang vaname: Naupli, post larvae 10 (PL-10), juvenil 40 hari (PWS40), dan dewasa 80 hari (PWS80)	13
3	Kelimpahan relatif 35 spesies yang merupakan " <i>core intestine bacteria</i> " pada udang vaname diberbagai stadia	14
4	Diagram Venn yang merepresentasikan <i>alpha diversity</i> pada grup berbeda	15
5	<i>Beta diversity</i> dari 4 grup berbeda (Naupli, PL-10, PWS40, dan PWS80)	16
6	Tiga kluster berdasarkan analisis UPGMA pada grup berbeda dianalisa berdasarkan <i>weighted unifrac</i> dan <i>unweighted unifrac</i>	17
7	Aktivitas antagonistik tiga isolat bakteri terhadap bakteri patogen <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	19
8	Morfologi tiga isolat bakteri kandidat indigenus probiotik berdasarkan pengamatan menggunakan SEM	20
9	Sintasan udang vaname 7 hari pasca infeksi berbeda konsentrasi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 10^3 , 10^4 , 10^5 , dan 10^6 CFU/mL	29
10	Histopatologi hepatopankreas <i>L. vannamei</i> pada 7 hari pasca infeksi menggunakan konsentrasi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 yang berbeda	29
11	Histopatologi usus <i>L. vannamei</i> yang diinfeksi dengan berbagai konsentrasi bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	30
12	Kluster PCA pada perbedaan kelimpahan metabolit antara grup kontrol dan perbedaan konsentrasi infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	31
13	Top 30 metabolit usus berdasarkan nilai <i>variable importance in projection</i> (VIP) pada perbedaan infeksi bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	32
14	Dinamika 62 metabolit di usus udang vaname pasca infeksi <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 dengan berbagai konsentrasi	33

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.

15	Morfologi bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 melalui SEM dengan perbesaran 5.000x	43
16	Sintasan udang vaname selama 14 hari pasca infeksi dengan 20 µl of <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 konsentrasi 10 ⁵ CFU/mL	44
17	Histopatologi usus udang vaname 14 hari pasca infeksi dengan 20 µL konsentrasi 10 ⁵ CFU/ml bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5 pada grup A, B, C, positif kontrol dan negatif kontrol	44
18	Histopatologi hepatopankreas udang vaname 14 hari pasca infeksi dengan 20 µL konsentrasi 10 ⁵ CFU/ml bakteri <i>V. parahaemolyticus</i> Vp5	45
19	Level ekspresi gen terkait imunitas (serine protease dan proPO) dan pertumbuhan (cathepsin-L) pada organ otot, usus, dan hepatopankreas	46
20	Aktivitas enzim protease, lipase, dan amylase di usus udang vaname yang diberi pakan indigenus probiotik ($P < 0,01$)	56
21	Histologi usus udang vaname kontrol (K), suplementasi pakan indigenus probiotik <i>Shewanella algae</i> A3 (grup A), <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup B), dan <i>equal mix Shewanella algae</i> UB3 + <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup C)	57
22	Histologi hepatopankreas udang vaname kontrol (K), suplementasi pakan indigenus probiotik <i>Shewanella algae</i> A3 (grup A), <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup B), dan <i>equal mix Shewanella algae</i> UB3 + <i>Serratia marcescens</i> Van80 UB3 (grup C)	57
23	Level ekspresi gen terkait pertumbuhan meliputi: A: <i>myosin</i> , B: <i>IGF-I</i> , and C: <i>ecdysteroid</i>) pada organ usus, daging, dan hepatopankreas	59
24	<i>Clustering</i> PCA pada perbedaan kelimpahan relatif metabolit grup K dan grup P	69
25	Skema multiomik mikrobiota, ekspresi gen, dan metabolit usus udang vaname terkait pertumbuhan dan imunitas	78