



**POTENSI PROBIOTIK DAN PARAPROBIOTIK
Bacillus cereus BR2 UNTUK PENCEGAHAN
EDWARDSIELLOSIS PADA IKAN LELE (*Clarias* sp.)**

SAUFA ASVIA



**PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

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
 - 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 “Potensi Probiotik dan Paraprobiotik *Bacillus cereus* BR2 untuk Pencegahan Edwardsiellosis pada Ikan Lele (*Clarias* sp.)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. 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 2024

Saufa Asvia
C1501221013

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
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

SAUFA ASVIA. Potensi probiotik dan paraprobiotik *Bacillus cereus* BR2 untuk pencegahan edwardsiellosis pada ikan lele (*Clarias* sp.). Dibimbing oleh MUNTI YUHANA dan WIDANARNI.

Ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan komoditas yang populer untuk bisnis akuakultur di Indonesia dan merupakan salah satu ikan yang paling banyak diproduksi di dunia. Budidaya ikan lele di Indonesia telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir dan sudah banyak menerapkan sistem budidaya intensif. Namun, penerapannya terkendala oleh wabah penyakit, salah satunya penyakit bakterial. Edwardsiellosis, yang disebabkan oleh *Edwardsiella tarda*, telah dilaporkan di seluruh dunia pada berbagai spesies ikan yang penting secara ekonomi. Infeksi *E. tarda* juga menyebabkan kerugian ekonomi yang serius pada akuakultur. Pendekatan konvensional menggunakan antibiotik dinilai memiliki keberhasilan yang terbatas. Sebagai alternatif probiotik direkomendasikan untuk menggantikan antibiotik untuk industri akuakultur yang berkelanjutan. Namun, pemeliharaan kultur bakteri probiotik yang hidup dan layak selama penyimpanan cukup menantang. Dibandingkan dengan mikroorganisme hidup, probiotik inaktif (paraprobiotik) juga dapat memberikan manfaat yang sama bagi kesehatan hewan akuatik dan menawarkan keuntungan yang jelas melalui banyak cara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi paraprobiotik *B. cereus* BR2 untuk mencegah penyakit Edwardsiellosis pada ikan lele (*Clarias* sp.).

Benih ikan lele bobot $6,67 \pm 0,34$ g dan panjang $7,59 \pm 0,40$ cm (pemilihan secara acak) dipelihara di dalam enam akuarium berisikan 60 L air tawar dengan tiga kali ulangan per perlakuan dan satu ulangan untuk *lethal sampling* pakan K- (kontrol negatif), K+ (kontrol positif), P8 (dosis 1% probiotik 10^8 CFU mL⁻¹), P10 (dosis 1% probiotik 10^{10} CFU mL⁻¹), PR8 (dosis 1% paraprobiotik 10^8 CFU mL⁻¹), PR10 (dosis 1% paraprobiotik 10^{10} CFU mL⁻¹) selama 30 hari. Ikan diujiantang secara *intraperitoneal* pada hari ke-31 dengan suspensi sel *E. tarda* berkepadatan 10^7 CFU mL⁻¹ dan selanjutnya ikan dipelihara selama 14 hari.

Suspensi sel *B. cereus* BR2 OTC^R diinokulasikan ke dalam media *Trypticase Soy Broth* (TSB) selama 24 jam pada suhu 28 °C. Kultur sel bakteri dipanen menggunakan sentrifuge kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada 4 °C dan dicuci dua kali dalam *Phosphate-Buffered Saline* (PBS, pH 7,2) untuk mendapatkan biomassa bakteri *B. cereus*. Kepadatan sel bakteri yang diperoleh sebanyak 10^{10} CFU mL⁻¹. Suspensi sel diencerkan menjadi 10^8 CFU mL⁻¹ dan 10^{10} CFU mL⁻¹. Sediaan yang didapat digunakan untuk membuat formulasi pakan probiotik, sedangkan sediaan untuk paraprobiotik diproses dengan metode *heat inactivation* pada suhu 95 °C selama 1 jam. Keberhasilan inaktivasi probiotik dilakukan pengecekan melalui penyebaran pada media *Trypticase Soy Agar* (TSA) sebanyak 25 µl (dari kultur cair) pada suhu 29 °C dan diinkubasi selama 24 jam. Hasil goresan yang tidak tumbuh menunjukkan sediaan sudah dapat digunakan untuk formulasi pakan paraprobiotik.

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.
- 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.



Pakan uji yang digunakan adalah pakan komersial jenis 781-1 dengan kandungan protein 31-33%. Penambahan probiotik dan paraprobiotik pada pakan dilengkapi dengan *binder* putih telur sebanyak 2 mL per 100 g pakan (2%). Masing-masing sediaan probiotik dan paraprobiotik diberikan secara homogen pada pakan menggunakan *syringe*. Pakan dikeringudarkan selama 15-20 menit, dikemas dalam kantong plastik kedap udara dan diberi label. Stok pakan disimpan dalam lemari pendingin pada 4 °C hingga digunakan.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari parameter kinerja pertumbuhan meliputi tingkat kelangsungan hidup (TKH), laju pertumbuhan spesifik (LPS), dan rasio konversi pakan (RKP). Parameter aktivitas enzim pencernaan meliputi enzim amilase, protease, dan lipase. Parameter status kesehatan meliputi hemoglobin, hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis dan *respiratory burst*. Parameter ekspresi gen terkait imun meliputi gen IL-1 β dan gen MHC-2 β .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pakan yang diberi perlakuan probiotik dan paraprobiotik 10⁸ dan 10¹⁰ CFU mL⁻¹ secara signifikan ($p < 0,05$) mampu meningkatkan rerata bobot akhir, rerata biomassa akhir, LPS dan RKP. Peningkatan aktivitas enzim pencernaan (amilase, protease, lipase), kelimpahan bakteri total dan kelimpahan bakteri *B. cereus* BR2 pada usus, status kesehatan dan respons imun (hemoglobin, hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, *Respiratory burst*) serta penurunan *E. tarda* pada organ target ginjal dan hati ikan pada kedua perlakuan probiotik dan paraprobiotik khususnya kepadatan 10¹⁰ CFU mL⁻¹ sehingga memperoleh tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi ($p < 0,05$) dibandingkan kontrol positif pasca ujiantang.

Hasil pengamatan histopatologi ikan lele yang diuji tantang *E. tarda* menunjukkan struktur jaringan yang abnormal pada perlakuan K+, P8, P10, PR8 dan PR10 dengan beberapa gejala kerusakan yaitu piknosis dan kariolisis, hemoragi, degenerasi lemak, degenerasi hidropis serta fibrosis hati. Tingkat kerusakan jaringan hati ikan lele pada perlakuan probiotik dan paraprobiotik menunjukkan kerusakan yang jauh lebih ringan dibandingkan perlakuan K+ ($p < 0,05$). Perhitungan skoring derajat kerusakan organ hati tersebar dari rusak ringan hingga rusak berat. Tingkat kerusakan organ hati pada perlakuan probiotik dan paraprobiotik teramati signifikan lebih rendah ($p < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan K+.

Lebih jauh lagi, ekspresi gen IL-1 β menunjukkan peningkatan regulasi pada ikan setelah perlakuan, tetapi pasca uji tantang (DPI-1) memiliki tingkat ekspresi mRNA tertinggi untuk IL-1 β . Demikian pula, ekspresi gen MHC-2 β signifikan diregulasi baik setelah perlakuan maupun pasca uji tantang, dengan tingkat ekspresi mRNA MHC-2 β tertinggi ditemukan pada DPI7. Suplementasi paraprobiotik *B. cereus* BR2 melalui pakan efektif meningkatkan performa pertumbuhan, status kesehatan dan respons imun, kesehatan usus dan hati, ekspresi gen terkait imun dan resistensi ikan lele terhadap infeksi *E. tarda* serta secara kolektif menunjukkan alternatif penerapan paraprobiotik dalam akuakultur.

Kata kunci: *Bacillus cereus* BR2, *Edwardsiella tarda*, lele, paraprobiotik

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.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

SAUFA ASVIA. Probiotic and Paraprobiotic potential of *Bacillus cereus* BR2 for preventing edwardsiellosis in African catfish (*Clarias* sp.). Supervised by MUNTI YUHANA and WIDANARNI.

African catfish (*Clarias* sp.) is a popular commodity for aquaculture businesses in Indonesia and is one of the most widely produced fish in the world. Catfish cultivation in Indonesia has developed recently, and many have implemented intensive cultivation systems. However, its implementation is hampered by disease outbreaks, including bacterial disease. Edwardsiellosis, caused by *Edwardsiella tarda*, has been reported worldwide in various economically important fish species. *E. tarda* infection also causes severe economic losses in aquaculture. Conventional approaches using antibiotics are considered to have limited success. As an alternative, probiotics are recommended to replace antibiotics for a sustainable aquaculture industry. However, maintaining live and viable probiotic bacterial cultures during storage is quite challenging. Compared with live microorganisms, inactive probiotics (paraprobiotics) can also provide similar benefits to the health of aquatic animals and offer clear advantages in many ways. This study aims to evaluate the potential of the paraprobiotic *B. cereus* BR2 to prevent Edwardsiellosis in African catfish (*Clarias* sp.).

African catfish fry weighing $6,67 \pm 0,34$ g and $7,59 \pm 0,40$ cm long were randomly placed into six aquariums containing 60 L of fresh water in triplicate per feed treatment K- (negative control), K+ (positive control), P8 (dose of 1% probiotic 10^8 CFU mL⁻¹), P10 (dose of 1% probiotic 10^{10} CFU mL⁻¹), PR8 (dose of 1% paraprobiotic 10^8 CFU mL⁻¹), PR10 (dose of 1% paraprobiotic 10^{10} CFU mL⁻¹) for 30 days. Fish were challenged intraperitoneally on day 31st with *E. tarda* (10^7 CFU mL⁻¹) for 14 days.

B. cereus BR2 OTC^R was inoculated in *Trypticase Soy Broth* (TSB) medium for 24 hours at 28 °C. Bacterial cells were harvested using a centrifuge at 10.000 rpm for 10 min at 4 °C and washed twice in Phosphate-Buffered Saline (PBS, pH 7,2) to obtain white-pigmented bacterial biomass. The harvest achieved a bacterial density of 10^{10} CFU mL⁻¹. The suspension was diluted to 10^8 CFU mL⁻¹ and 10^{10} CFU mL⁻¹. The obtained preparation was continued for probiotic feed formulation, while the preparation for paraprobiotics was further processed by heat inactivation method at 95 °C for 1 hour. A viability test was conducted with plating by spreading the 25 µl cell suspension on the *Trypticase Soy Agar* (TSA) medium and incubating at 29 °C for 24 h to ensure the probiotic cells is inactive and further be used as a source for paraprobiotic feed supplementation.

Commercial feed type 781-1 with a 31-33% protein content was used for the test feed. Preparation of the test feed was done every 3 days. The addition of probiotics and paraprobiotics to the feed was supplemented with egg whites as a binder of 2 mL per 100 g feed (2%). The mixture of probiotic and paraprobiotic preparations obtained was then given evenly to the feed using a syringe. The feed

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.
- 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.



was dried for 15-20 min, packed in airtight plastic bags, labeled, and stored in a refrigerator at 4 °C before use.

The parameters observed were growth performance parameters, including survival rate (SR), specific growth rate (SGR), and feed conversion ratio (FCR). Digestive enzyme activity parameters include amylase, protease, and lipase enzymes. Health status parameters include hemoglobin, hematocrit, total erythrocytes, total leukocytes, phagocytic activity, and respiratory burst. Immune-related gene expression parameters include the IL-1 β gene and the major histocompatibility complex (MHC)-2 β gene.

The results showed that feed treated with probiotics and paraprobiotics at 10⁸ and 10¹⁰ CFU mL⁻¹ significantly ($p < 0,05$) increased the average final weight, average final biomass, SGR, and FCR. Increased digestive enzyme activity (amylase, protease, lipase), total bacterial abundance and abundance of *B. cereus* BR2 bacteria in the intestine, health status and immune response (hemoglobin, hematocrit, total erythrocytes, total leukocytes, phagocytic activity, respiratory burst) and decreased *E. tarda* in the target organs of the kidney and liver of fish in both probiotic and paraprobiotic treatments, especially the density of 10¹⁰ CFU mL⁻¹, resulting in a higher survival rate ($p < 0,05$) compared to the positive control after the challenge test.

The results of histopathological observations of catfish tested against *E. tarda* showed abnormal tissue structure in the K+, P8, P10, PR8, and PR10 treatments with several symptoms of the damage, namely pyknotic necrosis and karyolysis, hemorrhage, fatty degeneration, hydropic degeneration, and liver fibrosis. The damage to catfish liver tissue in the probiotic and paraprobiotic treatments showed much lighter damage than in the K+ treatment ($p < 0,05$). The scoring calculation for the degree of liver damage ranges from mild damage to severe damage. The level of liver damage in the probiotic and paraprobiotic treatment was significantly lower ($p < 0,05$) compared to the K+ treatment.

Furthermore, interleukin 1 β (IL-1 β) gene expression showed upregulation in fish after treatment, but post-challenge (DPI1) had the highest level of mRNA expression for IL-1 β . Likewise, major histocompatibility complex 2 β (MHC-2 β) expression was significantly upregulated both after treatment and post-challenge, with the highest MHC-2 β mRNA expression levels found in DPI7. The addition of *B. cereus* BR2 paraprobiotic through feed effectively improves growth performance, health status and immune response, gut and liver health, immune-related gene expression, and resistance of African catfish to *E. tarda* infection. It collectively shows an alternative application of paraprobiotics in aquaculture.

Keywords: African catfish, *Bacillus cereus* BR2, *Edwardsiella tarda*, paraprobiotic

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.
- 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
 - 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 2024
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.



**POTENSI PROBIOTIK DAN PARAPROBIOTIK
Bacillus cereus BR2 UNTUK PENCEGAHAN
EDWARDSIELLOSIS PADA IKAN LELE (*Clarias* sp.)**

SAUFA ASVIA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Akuakultur

**PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@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
 - 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
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Dinar Tri Soelistyowati, DEA.
2. Dr. Sri Nuryati, S.Pi, M.Si.



Judul Tesis : Potensi Probiotik dan Paraprobiotik *Bacillus cereus* BR2 untuk Pencegahan Edwardsiellosis pada Ikan Lele (*Clarias* sp.)
Nama : Saufa Asvia
NIM : C1501221013

@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.
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.

Disetujui oleh

Pembimbing I:
Dr. Munti Yuhana, S.Pi., M.Si



Pembimbing II:
Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Akuakultur:
Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si
NIP. 19670927 199403 2 001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc
NIP. 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian: 20 Agustus 2024

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Potensi Probiotik dan Paraprobiotik *Bacillus cereus* BR2 untuk Pencegahan Edwardsiellosis pada Ikan Lele (*Clarias* sp.)”.

Penulis mengucapkan terima kasih atas do'a dan dukungan yang diberikan oleh semua pihak dalam membantu penulisan tesis ini, yakni kepada:

1. Suami Aulia Azhar Wahab, Anak Andi Aleena Laysha Azhar, kedua orang tua Bapak Nanang Jainuddin dan Ibu Sri Umiyati serta kakak Nadya Maharani.
2. Dr. Munti Yuhana, S.Pi., M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si. selaku komisi pembimbing, beserta Dr. Ir. Dinar Tri Soelistyowati, DEA. selaku penguji luar komisi pembimbing dan Dr. Sri Nuryati, S.Pi, M.Si. selaku GKM program studi Akuakultur.
3. Kang Adna Sumadikarta dan A Yanuar Raharja selaku laboran Laboratorium Kesehatan Organisme Akuatik, Yudha Hanggara selaku laboran Laboratorium Reproduksi dan Genetika Organisme Akuatik, Mba Retno Meilasari selaku laboran Laboratorium Nutrisi Ikan, Kang Akbar Firdaus selaku laboran Laboratorium Lingkungan, Pak Bambang Hermawan dan Mba Nadia Nurafifah Andriya selaku laboran Laboratorium Riset Unggulan IPB University.
4. Nurul Faoziyatunnisa, Rikha Putri Ermawati, Best Akbar Esa Putra, Geza Intan Septriasa, Syarifah Nuri Kamaliah, Meidevi Ratna Setyaningrum, Amalia Istiqomah, Rizqy Aditya, Farhan Asrido, Erina Tri Ramadhina, Shofii Amaliah Putri, Utami Widya, Anisa Zulfani, Nofembriyanti, Nur Fadhillah Abustang, Fitri Adelia, Ria Octaviani, Desi Susanti, Baref Agung Wicaksono dan Hazmi La Ambari atas bantuan waktu, tenaga, masukan dan dukungan saat pelaksanaan penelitian hingga tesis ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman Laboratorium Kesehatan Organisme Akuatik angkatan 2022/2023 dan teman seperjuangan Ilmu Akuakultur angkatan 2022 atas bantuan dan dukungannya.
6. Seluruh pihak yang terlibat selama proses penelitian dan penyusunan tesis.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran penulis harapkan dalam membangun tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

Saufa Asvia



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Materi Uji	4
2.3 Rancangan Percobaan	4
2.4 Prosedur Kerja	5
2.5 Parameter Penelitian	7
2.6 Analisis Data	13
III HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1 Hasil	14
3.1.1 Identifikasi Bakteri <i>E. tarda</i> dan <i>B. cereus</i> BR2	14
3.1.2 Kinerja Pertumbuhan	14
3.1.3 Aktivitas Enzim Pencernaan	14
3.1.4 Hematologi dan Respons Imun	15
3.1.5 Uji Mikrobiologi	19
3.1.5.1 Populasi <i>E. tarda</i> Rf ^R pada Organ Ginjal dan Hati	19
3.1.5.2 Kelimpahan Bakteri Total Organ Usus	20
3.1.5.3 Populasi Probiotik <i>B. cereus</i> BR2 OTC ^R Organ Usus	21
3.1.6 Ekspresi Gen Imun Organ Ginjal	21
3.1.6.1 Ekspresi Gen IL-1 β	22
3.1.6.2 Ekspresi Gen MHC-2 β	22
3.1.7 Gejala Klinis dan Tingkat Infeksi	23
3.1.8 Histopatologi Organ Hati	24
3.1.9 <i>Survival rate</i>	26
3.2 Pembahasan	26
IV SIMPULAN DAN SARAN	34
4.1 Simpulan	34
4.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	84

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.
- 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



DAFTAR TABEL

1. Rancangan perlakuan pemberian probiotik dan paraprobiotik <i>B. cereus</i> BR2 melalui pakan pada ikan lele sebelum uji tantang dan pasca uji tantang <i>E. tarda</i>	4
2. Pengelompokkan tanda gejala klinis pasca infeksi <i>E. tarda</i>	11
3. Pemberian skor histologi organ hati	12
4. Primer ekspresi gen terkait imun ikan lele	13
5. Kinerja pertumbuhan ikan lele yang diberi perlakuan probiotik dan paraprobiotik <i>B. cereus</i> BR2 melalui pakan selama 30 hari	14
6. Skoring dan presentase histopatologi organ hati ikan lele pasca uji tantang dengan <i>E. tarda</i>	25

DAFTAR GAMBAR

1. Aktivitas enzim pencernaan ikan lele sebelum dan setelah diberi pakan perlakuan probiotik dan paraprobiotik <i>B. cereus</i> BR2 selama 30 hari	15
2. Kadar hemoglobin ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	17
3. Hematokrit ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	16
4. Eritrosit total ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	17
5. Leukosit total ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	19
6. Aktivitas fagositosis ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	18
7. <i>Respiratory burst</i> ikan lele yang diberi pakan perlakuan sebelum dan setelah uji tantang	19
8. Hasil perhitungan populasi <i>E. tarda</i> pada (A) organ ginjal dan (B) organ hati ikan lele setelah uji tantang	20
9. Hasil perhitungan kelimpahan bakteri total organ usus ikan lele selama pemeliharaan	21
10. Hasil perhitungan populasi probiotik <i>B. cereus</i> BR2 OTC ^R pada organ usus ikan lele selama pemeliharaan	21
11. Tingkat ekspresi gen IL-1 β pada organ ginjal ikan lele selama pemeliharaan dan setelah uji tantang dengan <i>E. tarda</i>	22
12. Tingkat ekspresi gen MHC-2 β pada organ ginjal ikan lele selama pemeliharaan dan setelah uji tantang dengan <i>E. tarda</i>	23
13. Gejala klinis ikan lele setelah infeksi <i>E. tarda</i>	24
14. Tingkat infeksi pada ikan lele setelah infeksi dengan <i>E. tarda</i>	24
15. Histopatologi organ hati ikan lele pasca uji tantang dengan <i>E. tarda</i>	25
16. <i>Survival rate</i> ikan lele 14 hari setelah uji tantang dengan <i>E. tarda</i>	26

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.
 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 LAMPIRAN

1. Izin etik KEH IPB University untuk penggunaan hewan coba	45
2. Uji KIT API 20E <i>E. tarda</i>	46
3. Uji karakteristik biokimia bakteri probiotik <i>B. cereus</i> BR2 dan bakteri patogen <i>E. tarda</i>	46
4. Hasil uji Sanger sequencing isolat <i>E. tarda</i>	46
5. Uji KIT API 50 CHB <i>B. cereus</i> BR2	46
6. Kualitas air media pemeliharaan ikan lele selama 30 hari	47
7. Perhitungan LD ₅₀ <i>E. tarda</i> pada ikan lele	47
8. Prosedur analisis aktivitas enzim pencernaan	47
9. Tahapan pengolahan jaringan	49
10. Tahapan pewarnaan jaringan	49
11. Prosedur ekstraksi RNA ginjal ikan lele menggunakan <i>GENEzol</i> TM	50
12. Prosedur Sintesis cDNA menggunakan Kit <i>RevertraAce</i> [®] qPCR RT <i>Mastermix with gDNA remover</i>	50
13. Analisis statistik kinerja pertumbuhan ikan lele setelah 30 hari pemberian probiotik dan paraprobiotik <i>B. cereus</i> BR2	51
14. Analisis statistik aktivitas enzim pencernaan ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	53
15. Analisis statistik kadar hemoglobin ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	55
16. Analisis statistik hematokrit ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	58
17. Analisis statistik total eritrosit ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	61
18. Analisis statistik total leukosit ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	64
19. Analisis statistik aktivitas fagositosis ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	67
20. Analisis statistik <i>respiratory burst</i> ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	70
21. Analisis statistik populasi <i>E. tarda</i> Rf ^R pada organ ginjal ikan lele	73
22. Analisis statistik populasi <i>E. tarda</i> Rf ^R pada organ hati ikan lele	75
23. Analisis statistik kelimpahan bakteri total pada organ usus ikan lele	77
24. Analisis statistik populasi probiotik <i>B. cereus</i> BR2 OTC ^R pada organ usus ikan lele	78
25. Analisis statistik ekspresi gen IL-1 β pada organ ginjal ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	79
26. Analisis statistik ekspresi gen MHC-2 β pada organ ginjal ikan lele sebelum dan pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	81
27. Analisis statistik histopatologi organ hati ikan lele pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	83
28. Analisis statistik <i>survival rate</i> ikan lele pasca ujiantang <i>E. tarda</i>	83

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.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.