



PROBIOTIK

DARI USUS IKAN KELABAU:

**Mengatasi Infeksi Bakteri Patogen
Penyebab Penyakit Bercah Merah
Pada Ikan**

AGUSTINA

PROBIOTIK DARI USUS IKAN KELABAU:
MENGATASI INFEKSI BAKTERI PATOGEN
PENYEBAB PENYAKIT BERCAK MERAH
PADA IKAN

***“Buku ini saya dedikasikan untuk Dr. Adi Susanto,
M. Alif Fatih R., dan Aisyah Kamila Aziza tercinta”***

UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**PROBIOTIK DARI USUS IKAN KELABAU:
MENGATASI INFEKSI BAKTERI PATOGEN PENYEBAB
PENYAKIT BERCAK MERAH PADA IKAN**

Agustina



YAYASAN PENDIDIKAN
CENDEKIA MUSLIM

**Probiotik dari Usus Ikan Kelabau: Mengatasi Infeksi Bakteri
Patogen Penyebab Penyakit Bercak Merah pada Ikan**

Agustina

Editor:
Novia Mayang Pratama

Desainer:
Mifta Ardila

Sumber:
www.cendekiamuslim.com

Penata Letak:
Novia Mayang Pratama

Proofreader :
Tim YPCM

Ukuran:
xii, 90 hlm., 15,5x23 cm

ISBN:
978-623-5995-26-7

Cetakan Pertama:
Mei 2022

Hak Cipta 2022, pada **Agustina**

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Anggota Luar Biasa IKAPI: 027/SBA/2021
YAYASAN PENDIDIKAN CENDEKIA MUSLIM

Perumahan Gardena Maisa 2, Blok C.12, Koto Baru, Kecamatan Kubung,
Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat – Indonesia 27361
HP/WA: 0823-9205-6884
Website: www.cendekiamuslim.com
E-mail: cendekiamuslimpress@gmail.com

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii	
DAFTAR GAMBAR	viii	
PRAKATA	xi	
1	PROLOG	
	A. Pengantar	1
	B. Pengenalan Singkat Ikan Kelabau	4
	1. Klasifikasi dan Morfogi Ikan Kelabau	5
	2. Persebaran Ikan Kelabau.....	7
2	PENYAKIT BERCAK MERAH PADA IKAN	
	A. Definisi Penyakit	9
	B. Bakteri Patogen sebagai Penyebab Penyakit Ikan	10
	C. <i>Motile Aeromonas Septicemia</i> (MAS)	14
3	MIKROBIOTA SALURAN PENCERNAAN & SISTEM IMUNITAS IKAN	
	A. Bakteri pada Saluran Pencernaan Ikan	17
	B. Peran Bakteri Saluran Pencernaan	19
	C. Sistem Imunitas Ikan	21

4

PROBIOTIK

A. Probiotik pada Ikan 23

B. Kegiatan Penemuan Probiotik pada Usus Ikan Kelabau 25

5

TINDAK LANJUT PENELITIAN (PROBIOTIK DARI USUS IKAN KELABAU)

A. Bakteri Usus Ikan Kelabau dan Kemampuan Antibakterialnya 31

B. Patogenitas Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau terhadap Ikan Mas sebagai Ikan Budidaya 34

C. Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau Secara In Vivo serta Respon Imunitas Ikan Kelabau terhadap Bakteri Patogen 37

1. Daya Hambat dan Daya Lindung Bakteri Usus Ikan Kelabau Secara In Vivo terhadap Bakteri *Aeromonas hydrophila* AH-1 38

2. Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau terhadap Bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 44

D. Respon Imunitas Ikan Kelabau terhadap Bakteri Patogen 47

E. Penentuan Dosis Bakteri Probiotik
(*Staphylococcus edaphicus*)..... 52

6

EPILOG | 75

DAFTAR PUSTAKA..... 77
GLOSARIUM..... 85
PROFIL PENULIS 89

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Kategori Zona Hambat terhadap Pertumbuhan Bakteri	28
Tabel 4.2. Diameter Zona Hambat Beberapa Antibiotik	29
Tabel 5.1. Hasil Identifikasi Molekuler Empat Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau	37
Tabel 5.2. Gejala Klinis Ikan Kelabau pada Uji Daya Hambat dan Daya Lindung Bakteri Usus Ikan Kelabau terhadap Bakteri <i>A. hydrophila</i> AH-1	39
Tabel 5.3. Gejala Klinis Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	53
Tabel 5.4. Rerata Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	57
Tabel 5.5. Rerata Jumlah Bakteri Patogen dalam Darah Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	58
Tabel 5.6. Rerata Nilai Parameter Hematologi Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	59

Tabel 5.7.	Rerata Nilai Parameter Respon Imunitas Limfosit, dan Monosit Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	61
Tabel 5.8.	Rerata Nilai Parameter Respon Imunitas Neutrofil, Fagositik dan Pelekatan NBT Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	63
Tabel 5.9.	Kisaran Nilai Parameter Kualitas Air pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Morfologi ikan kelabau (<i>O. melanopleurus</i> Bleeker)	6
Gambar 5.1. Tingkat kelangsungan hidup ikan mas pada uji patogenitas bakteri dari usus ikan kelabau	36
Gambar 5.2. Patologi anatomi ikan kelabau setelah diuji tantang dengan bakteri <i>A. hydrophila</i> AH-1	41
Gambar 5.3. Tingkat kelangsungan hidup ikan kelabau pada uji daya hambat dan daya lindung isolat bakteri usus terhadap bakteri patogen	42
Gambar 5.4. Jumlah bakteri patogen dalam darah ikan kelabau pada uji daya hambat dan daya lindung isolat bakteri usus terhadap bakteri <i>A. hydrophila</i> AH-1	43
Gambar 5.5. Patologi anatomi ikan kelabau setelah diuji tantang dengan bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1	45
Gambar 5.6. Jumlah bakteri patogen dalam darah ikan kelabau pada uji daya hambat dan daya lindung isolat	46

	bakteri usus terhadap bakteri patogen <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1	
Gambar 5.7.	Patologi anatomi ikan kelabau pada uji dosis kandidat probiotik	55
Gambar 5.8.	Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,0% bakteri <i>S. edaphicus</i>	68
Gambar 5.9.	Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,5% bakteri <i>S. edaphicus</i>	69
Gambar 5.10.	Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 1,0% bakteri <i>S. edaphicus</i>	70
Gambar 5.11.	Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 2,0% bakteri <i>S. edaphicus</i>	71
Gambar 5.12.	Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,5% bakteri <i>S. edaphicus</i>	72
Gambar 5.13.	Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 1,0% bakteri <i>S. edaphicus</i>	73
Gambar 5.14.	Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 2,0% bakteri <i>S. edaphicus</i>	74

PRAKATA

Alhamdullillahirabbil'alamiin.
Segala pujian dan rasa syukur selalu terucap atas rahmat dan nikmat Allah Subhanahu wa Ta'ala serta atas kemudahan dan kelancaran yang diberikan-Nya sehingga penyusunan buku yang berjudul **Probiotik dari Usus Ikan Kelabau: Mengatasi Infeksi Bakteri Patogen Penyebab Penyakit Bercak Merah pada Ikan** dapat berjalan lancar.

Buku ini membahas tentang kemampuan bakteri yang berasal dari usus ikan kelabau sebagai agen probiotik. Monograf ini merupakan hasil penelitian yang berupaya untuk menemukan potensi pada bakteri usus ikan dalam pengendalian penyakit yang juga terjadi pada ikan.

Hasil penelitian ini dikemas dalam tulisan ini agar dapat dinikmati oleh para pembaca. Diharapkan dengan adanya buku ini dapat memberikan informasi bahwa penyakit pada ikan seperti bercak merah yang disebabkan oleh bakteri patogen, dapat diatasi dengan pemberian probiotik dengan dosis tertentu pada ikan.

Penulis

BAB I

PROLOG

A. PENGANTAR

Budidaya ikan air tawar sudah banyak digeluti oleh masyarakat Indonesia terutama yang bermukim di sekitar aliran sungai dan danau. Budidaya ikan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memelihara, membesarkan, membiakkan, serta memanen ikan dalam lingkungan yang terkontrol termasuk kegiatan yang menggunakan kapal untuk memuat, mengangkut, menyimpan, mendinginkan, menangani, mengolah, dan/atau mengawetkannya (UU No. 31 tahun 2004).

Salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah ikan kelabau. Ikan yang tersebar di Asia termasuk di Pulau Kalimantan dan Sumatra ini memiliki harga jual yang relatif tinggi dibandingkan dengan harga jual ikan air tawar lainnya. Tahun 2016 ikan ini dijual dengan harga mulai dari Rp30.000,- hingga Rp50.000,-/kg, sedangkan

harga ikan mas dan nila berkisar antara Rp30.000,- s/d Rp35.000,-/kg.

Kegiatan budidaya ikan sering mengalami kendala yang berakibat pada penurunan jumlah panen. Salah satu faktor penyebabnya adalah serangan penyakit yang diakibatkan oleh infeksi mikroba patogen *A. hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. Bakteri *A. hydrophila* merupakan penyebab terjadinya penyakit *motil aeromonas septicemia* (MAS) atau bercak merah pada ikan. Bakteri ini menimbulkan bercak merah pada ikan yang diserang, hilangnya nafsu makan ikan, dan gejala klinis lainnya yang dapat berakibat pada kematian ikan dan kerugian bagi para pembudidaya.

Untuk mengatasi permasalahan ini, pembudidaya ikan perlu melakukan pengendalian terhadap penyakit yang telah disebutkan di atas. Penyakit MAS dapat dikontrol dengan pemberian antibiotik pada ikan. Namun penggunaan antibiotik dan obat-obatan kimia yang tidak tepat dapat berdampak negatif bagi lingkungan perairan, dan bisa berujung pada dampak buruk bagi konsumen daging ikan, sehingga lebih disarankan menggunakan bahan alami yang bersifat aman bagi ikan dan lingkungan budidaya.

Salah satu bahan yang berpotensi dan banyak diterapkan dalam pengendalian penyakit infeksi pada ikan dengan lebih aman adalah probiotik. Probiotik dalam akuakultur didefinisikan sebagai sel mikroba (terutama bakteri) yang berperan dalam keseimbangan sistem pencernaan ikan dan berperan positif dalam meningkatkan kesehatan ikan, melalui peningkatan pemanfaatan nutrisi, pencegahan infeksi dari mikroba patogen melalui kompetisi dalam pelekatan, aktivitas bakterisidal, netralisasi toksin, sampai pada peningkatan sistem imunitas ikan (Nayak, 2010; Merrifield dan Ringo, 2014; Iwashita *et al.*, 2015; Lazado, *et al.* 2015; Lee *et al.*, 2015). Peluang ikan mengalami kematian setelah diserang penyakit infeksi akan semakin kecil dengan meningkatkan imunitasnya.

Isolasi mikroorganisme pada saluran pencernaan ikan yang berperan sebagai probiotik merupakan studi yang sudah marak dilakukan. Agustina (2007), menemukan beberapa isolat bakteri dari usus ikan lele dumbo (*Clarias sp.*) mampu menekan pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* baik secara *in vitro* maupun *in vivo*, serta dapat berperan sebagai imunostimulan dan promotor pertumbuhannya.

Peranan mikroba pada saluran cerna ikan kelabau menjadi menarik untuk dikaji ketika adanya upaya untuk mengatasi penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen *A. hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. Ditambah lagi belum adanya laporan terkait infeksi kedua bakteri tersebut terhadap ikan kelabau.

Terkait permasalahan yang ada, maka monograf ini ditulis dengan tujuan agar dapat memberikan informasi terkait efektivitas pemanfaatan bakteri probiotik yang berasal dari usus ikan kelabau, sebagai salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam pengendalian penyakit bercak merah pada ikan yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. Tulisan ini dapat pula menjadi acuan dalam menentukan dosis dari isolat bakteri usus ikan kelabau sebagai kandidat probiotik dalam meningkatkan imunitas ikan.

Monograf hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi terkait penemuan mikroflora pada usus ikan kelabau yang berpotensi sebagai probiotik dalam meningkatkan imunitas ikan air tawar serta mengatasi penyakit bercak merah yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila* dan *Pseudomonas* sp.

Informasi pada buku ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian-penelitian lanjutan

yang berkaitan dengan upaya pengelolaan kesehatan ikan budidaya. Selain itu, masyarakat dapat menjadikannya sebagai bahan dalam pengembangan usaha produk kesehatan ikan yang lebih ramah lingkungan dan aman. Bagi pembudidaya ikan untuk dapat mengurangi kerugian atas kematian ikan dengan cara melakukan upaya pencegahan melalui peningkatan imunitas ikan budidaya itu sendiri.

B. PENGENALAN SINGKAT IKAN KELABAU

1. Klasifikasi dan Morfologi Ikan Kelabau

Ikan kelabau merupakan ikan yang dikenal dengan nama ilmiah *Osteochilus melanopleurus* Bleeker. Ikan ini termasuk ke dalam genus *Osteochilus*. Ikan kelabau merupakan jenis ikan herbivora, hal ini berdasarkan penelitian yang dilakukan Nasution dan Nuraini (2004).

Menurut Saanin (1984), ikan kelabau diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Ordo : Ostariophysi
Famili : Cyprinidae
Genus : *Osteochilus*
Spesies : *Osteochilus melanopleurus* Bleeker



Gambar 1.1. Morfologi ikan kelabau (*O. melanopleurus* Bleeker).

Tubuh ikan kelabau berwarna *beige grey*, abu-abu keemasan dengan bagian bawah berwarna putih. Tubuh berbentuk bulat pipih dan memanjang, kepala bagian atas agak mendatar, mulut berukuran kecil, garis linea lateralis tidak terputus, serta mempunyai dua pasang sungut. Sirip dorsal agak panjang. Tubuh Ikan kelabau dapat mencapai panjang maksimum sekitar 30-35 cm dan berat mencapai 3 kg/ekor (Asiah, *et al.* 2018).

Sirip punggung terdiri atas 10-18 jari-jari lemah bercabang. Spesies ini memiliki sisik garis rusuk 45-53 di atasnya dan 11-12 sisik di bawahnya, tidak berlubang-lubang pada hidung (Gambar 1.1). Asiah *et al.* (2019) menemukan bahwa karakter yang menjadi penciri pada ikan kelabau adalah jarak ujung mulut-atas mata, jarak awal sirip perut-atas mata, jarak ujung mulut-awal sirip punggung keras, jarak awal

sirip perut-awal sirip anal, dan jarak awal sirip ekor atas-awal sirip ekor bawah.

2. Persebaran Ikan Kelabau

Menurut Kottelat *et al.* (1993), Ikan kelabau merupakan ikan lokal yang hidup di perairan sungai di Pulau Kalimantan dan Sumatera. Ikan ini adalah salah satu jenis ikan air tawar yang menyebar di Asia Tenggara mulai dari Malaysia, Burma dan Indocina. Ikan kelabau banyak ditemukan di Pulau Sumatra dan Kalimantan. Ikan ini memang banyak ditemukan di perairan sungai, seperti di Sungai Kapuas, Kalimantan Barat, Sungai Barito Kalimantan Selatan, dan Sungai Mahakam Kalimantan Timur. Ikan kelabau banyak ditemukan di Kalimantan Timur, di daerah Sungai Mahakam bagian tengah seperti di Kecamatan Muara Muntai, Kota Bangun, Muara Kaman, Kenohan, Muara Wis yang masuk dalam Wilayah Administrasi Kutai Kartanegara serta Kecamatan Muara Pahu dan Penyinggahan di Kabupaten Kutai Barat. Ikan kelabau juga banyak dijumpai di beberapa danau luapan yakni Danau Jempang, Semayang dan Melintang. Ikan ini dapat tumbuh baik dengan pemberian pakan buatan dengan komposisi yang kompleks pada wadah budidaya (Mardani, 2014).

BAB II

PENYAKIT BERCAK MERAH PADA IKAN

A. DEFINISI PENYAKIT

Penyakit adalah suatu keadaan fisik, morfologi, atau fungsi yang mengalami perubahan dari kondisi normal karena beberapa penyebab yaitu dari dalam dan luar sehingga berakibat pada terganggunya kehidupan suatu organisme (Afrianto, 2015). Menurut Manoppo (1995), penyakit diartikan sebagai suatu proses atau kondisi yang abnormal dari tubuh atau bagian-bagian tubuh ikan yang mempunyai suatu karakteristik yang membedakannya dengan keadaan normal. Timbulnya penyakit pada ikan merupakan interaksi kontribusi secara bersamaan faktor-faktor ketahanan ikan/inang, sifat jasad patogen dan keadaan lingkungan (Hoole *et al.* 2001).

Penyakit ikan terjadi disebabkan oleh ketidakseimbangan antara kondisi lingkungan, ikan atau inang dan patogen. Patogen pada ikan adalah semua mikroorganisme yang secara langsung maupun tidak langsung

dapat menginfeksi tubuh ikan sekaligus dapat menimbulkan gangguan kehidupan ikan normal sampai dapat menimbulkan kematian (Plump dan Hanson, 2011).

B. BAKTERI PATOGEN SEBAGAI PENYEBAB PENYAKIT IKAN

Penyakit pada ikan dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal ikan. Faktor internal atau yang berasal dari dalam tubuh ikan adalah berupa akibat genetik, imunodefisiensi, kelainan saraf, dan gangguan metabolik. Adapun faktor internal penyebab penyakit adalah serangan patogen, hama, lingkungan, dan pakan.

Penyakit pada ikan berdasarkan faktor penyebabnya dapat dibagi dua, yaitu penyakit mikrobial dan nonmikrobial. Penyakit mikrobial merupakan penyakit yang disebabkan oleh mikroba patogen atau parasit. Penyakit nonmikrobial merupakan penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan, pakan, dan keberadaan organisme lain (Afrianto, *et al.* 2015).

Bakteri patogen merupakan salah satu penyebab penyakit infeksi pada ikan di mana ikan menjadi inang dari bakteri yang menimbulkan kerusakan internal. Bakteri tersebut dapat menyebabkan infeksi atau

merusak fungsi organ pada ikan. Bakteri patogen dapat berasal dari perairan ataupun dari pakan (Afrianto, *et al.* 2015). Jenis bakteri penyebab penyakit yang dapat ditemukan pada ikan di antaranya adalah bakteri *Aeromonas hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. (Agustina *et al.* 2019).

1. Bakteri *Aeromonas hydrophila*

Bakteri *A. hydrophila* merupakan bakteri gram negatif, fermentatif, dan berbentuk batang dengan ukuran 0.8-1.0x1.0-3.5 μ m, memiliki flagel polar tunggal. Bakteri ini mampu melisis Arginin, β -galactosidase, idole, lysin, decarboxylase. Bakteri ini juga mampu memproduksi pospat tapi tidak H₂S. Bakteri ini memiliki kemampuan memecah karbohidrat (glukosa) dalam suasana aerobik ataupun anaerobik. Bakteri *A. hydrophila* ini bisa diisolasi dari ikan yang sehat maupun ikan yang menunjukkan gejala abnormalitas (Manshadi dan Assareh, 2014).

Isolasi bakteri dari ikan lele diperoleh empat isolat merupakan *A. hydrophila* dengan ciri bentuk batang pendek gram negatif, fermentatif, motil (Muslikha, *et al.* 2016). Bakteri *Aeromonas* merupakan bakteri yang menghasilkan ekstrasel-

luler produk dan intraseluler produk. Perbedaan kedua produk ini adalah waktu produksi oleh bakteri. Produk ekstraseluler bakteri (*extracellular product/ECP*) diproduksi bakteri pada saat bakteri hidup dan menginfeksi inang, sedangkan produk intraseluler (*intracellular product/ICP*) dihasilkan bakteri saat bakteri mengalami kematian atau kerusakan membran sel bakteri. Kemampuan *A. hydrophila* dalam menginvasi ikan terjadi melalui mekanisme kerja toksin ekstraseluler produk yang dikeluarkan pada saat bakteri masih hidup dan menempel pada organ tubuh ikan (Sahu *et al.*, 2011)

Gejala abnormalitas pada ikan yang terinfeksi bakteri *A. hydrophila*:

1. Berenang lemah, diam di dasar, dan sesekali *gasping* (berenang dengan posisi mulut berada di bawah permukaan air).
2. Garis vertikal tubuh ikan menghitam.
3. Mata mengalami *eksoptalmia* dan *purulens*.
4. Mengalami memar merah atau luka pada permukaan tubuh atau sirip, bahkan mengalami pendarahan pada organ yang terinfeksi.
5. Perut membengkak karena akumulasi cairan, kerusakan pada beberapa organ dalam seperti

ginjal, dan hati menurut Noga (2010); Khatun *et al.* (2011).

6. Peradangan pada usus ikan (enteritis) (Kumar dan Ramulu, 2013; Ibrahim *et al.*, 2008).

Gambaran darah ikan setelah terinfeksi bakteri *A. hydrophila* adalah hemoglobin (Hb) ikan nila yang diinfeksi melalui injeksi terlihat mengalami penurunan dari normal sejak jam ke 24-168. Kadar hematokrit (He) ikan nila yang diinfeksi *A. hydrophila* mengalami penurunan, nilai hematokritnya berkisar antara 9–13%.

2. Bakteri *Pseudomonas* sp.

Bakteri *Pseudomonas* sp. merupakan bakteri patogen yang sering ditemukan pada hewan air seperti ikan dan dilaporkan dapat mengganggu perkembangan dan kesehatan ikan. Bakteri ini memiliki ciri warna koloni kuning dan krem. Bakteri *Pseudomonas* sp. merupakan bakteri gram negatif, berukuran sekitar 0,5-1,0x1,5-5,0 μm , berbentuk batang dan memiliki satu atau beberapa flagel (Holt *et al.*, 1994).

Bakteri *Pseudomonas* sp. dapat menghasilkan produk ICP dan ECP yang bersifat toksin dan dapat menyebabkan kematian pada inang. Bahkan me-

nurut Hardi, *et al.* (2014), ICP bakteri *Pseudomonas* sp. menyebabkan kematian ikan nila hingga 100% setelah 6 jam infeksi. Hal ini menunjukkan bahwa toksisitas bakteri ini cukup tinggi pada ikan yang terinfeksi.

Gejala abnormalitas pada ikan yang terinfeksi bakteri *Pseudomonas* sp.:

1. Pola renang *whirling* (miring), *gasping* (berenang dengan posisi mulut berada di bawah permukaan air) dan ikan berenang lemah.
2. Diam di dasar perairan.
3. Nafsu makan menurun.
4. Mata ikan mengalami *purulens* (bernanah).
5. Organ dalam ikan berair serta hati dan ginjal berubah menjadi pucat.

C. MOTILE AEROMONAS SEPTICEMIA (MAS)

Motile Aeromonas Septicemia (MAS) merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*. Penyakit ini dapat menyerang ikan air tawar dan dapat menyebabkan kematian pada ikan yang terserang. Penyakit ini cenderung disebabkan karena adanya penurunan kualitas air. Ikan akan mengalami stres dan pada akhirnya menurunkan daya tahan tubuh.

Imunitas yang kurang rentan menyebabkan ikan mengalami penyakit MAS.

Ikan yang mengalami penyakit MAS dicirikan dengan terjadi luka pada sebagian atau seluruh bagian tubuh, sisik terkelupas, sirip patah, warna tubuh gelap, mata rusak dan agak menonjol, bernapas di atas permukaan air, insang rusak berwarna merah keputihan, sehingga kesulitan bernapas, adanya cairan darah pada rongga perut (*dropsy*) (Noga, 2010; Khatun *et al.*, 2011; Nur, 2019). Bakteri patogen khususnya *Aeromonas* dapat menyebabkan nekrosis pada sel hati dan sel ginjal, hemoragik, dan inflamasi pada ginjal (Purwaningsih, *et al.* 2015).

BAB III

MIKROBIOTA SALURAN PENCERNAAN IKAN & SISTEM IMUNITAS IKAN

A. BAKTERI PADA SALURAN PENCERNAAN IKAN

Saluran pencernaan merupakan salah satu tempat tumbuh dan berkembang mikroflora pada ikan. mikroflora merupakan istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan komunitas mikroorganisme yang hidup dalam tubuh organisme lain. Komunitas ini bersifat menguntungkan bagi organisme yang dijadikan sebagai inangnya. Sebagian besar dari komunitas ini hidup pada saluran pencernaan ikan dan keberadaannya sudah mulai ditemukan pada fase awal hidup ikan atau inangnya (Merrifield dan Ringo, 2014).

Keberadaan mikroflora pada saluran cerna ikan diperkirakan bermula dari masuknya mikroba yang berada di perairan ke dalam saluran cerna ketika ikan makan. Ketika ikan bernapas, air masuk melalui operkulum dan mikroba akan terbawa serta tersaring pada

insang. Saat oksigen tercukupi, maka beberapa jenis mikroba akan berkembang dan hidup di sana.

Komunitas mikroba dikategorikan dalam dua kelompok besar, yaitu: mikrobiota allochthonous dan mikrobiota autochthonous. Mikrobiota *allochthonous* merupakan kelompok yang hanya melewati saluran pencernaan bersama makanan sedangkan mikrobiota autochthonous adalah kelompok yang memang menetap dalam saluran pencernaan ikan dan mampu berasosiasi dengan jaringan inangnya (Ringo dan Birkbeck, 1999).

Mikrobiota di usus ikan ditemukan semenjak fase awal perkembangan saluran pencernaannya, yaitu ketika saluran pencernaannya masih berbentuk tabung memanjang. Fase awal larva ikan mulai makan makanan dari luar tubuhnya atau saat kuning telur mulai habis maka terjadi perubahan jenis dan jumlah mikroba dalam ususnya. Pada larva ikan salmon (*O. mykiss Walbaum*) awalnya usus didominasi bakteri dari filum Firmicutes sesaat setelah makan pakan dari tumbuhan selanjutnya jenis bakteri yang dominan berupa bakteri *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Weisella*, dan filum Proteobacteria pada larva yang makan pakan ikan laut. Hal ini menunjukkan bahwa jenis pakan yang berbeda akan mempengaruhi komposisi mikroba usus ikan

(Ingerslev *et al.*, 2014). Hal yang serupa juga ditemukan oleh Reveco *et al.* (2014) bahwa pada ikan salmon atlantik (*S. salar* L.), kecenderungan jenis bakteri pada ususnya berbeda dengan pemberian pakan yang berbeda, enteritis usus terjadi dengan pemberian pakan berupa tepung kedelai.

B. PERAN BAKTERI SALURAN PENCERNAAN

Mikroba di perairan memiliki jumlah dan jenis yang beragam. Mikroba di perairan berperan sebagai dekomposer bahan organik. Begitupun dengan mikroflora yang berada pada saluran cerna ikan berperan sebagai pendegradasi pakan yang membantu pertumbuhan ikan. Pada beberapa ikan juga terdapat mikroba yang berperan sebagai antibakterial. Mourino *et al.* (2016) menemukan bakteri dari saluran pencernaan ikan lele (*catfish*) yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* secara *in vitro* dan mampu meningkatkan jumlah eritrosit pada ikan.

Mikrobiota dalam saluran pencernaan hewan memiliki beberapa fungsi yaitu membantu pencernaan atau nutrisi dan perkembangan sistem mukosa, angiogenesis, dan sebagai pelindung terhadap penyakit melalui pe-

ningkatan sistem imunitasnya (Rawls *et al.*, 2006; Ringo *et al.*, 2007).

Beberapa bakteri dari usus ikan mampu menghasilkan senyawa antibakterial yang bisa menekan pertumbuhan bakteri patogen. Penelitian yang dilakukan Bhatnagar dan Lamba (2015) menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari usus ikan mrigal (*Cirrhinus mrigala*) mampu menghambat pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* secara *in vitro*, membantu aktivitas pencernaan dan meningkatkan pertumbuhan ikan tersebut. Pada usus ikan bandeng (*Channos chanos Forksal*) ditemukan pula bakteri *Shewanella upenei* dan *S. algae* yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Vibrio fluvinalis* dan *Photobacterium ganghwense* (Prayitno *et al.*, 2015). Mourino *et al.* (2016) menemukan bakteri dari saluran pencernaan ikan lele hasil persilangan antara *Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans* yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* secara *in vitro* dan mampu meningkatkan jumlah eritrosit saat ikan diberi perlakuan pakan dengan bakteri probiotik dan diuji tantang dengan bakteri tersebut. Pada usus ikan kelabau ditemukan delapan isolat bakteri yang paling besar kemampuan daya hambatnya terhadap bakteri *A.*

hydrophila AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 secara *in vitro* (Agustina *et al.*, 2018).

Beberapa jenis bakteri *autochthonous* menunjukkan kemampuannya dalam menghambat bakteri patogen dengan jalan meningkatkan respon imunitas ikan tersebut (Nayak, 2010). Pada ikan nila (*O. niloticus*) berhasil diisolasi bakteri *B. pumillus* yang berpotensi sebagai probiotik dalam mengendalikan infeksi oleh bakteri *A. hydrophila* (Aly *et al.*, 2008). Pada usus ikan mas juga berhasil diisolasi beberapa jenis bakteri *autochthonous* yang mampu meningkatkan respon imunitas dan ketahanannya setelah diinfeksi dengan bakteri *A. hydrophila* (Chi *et al.*, 2014). Bakteri *autochthonous* pada ikan grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) dari genus *Shewanella* dan *Aeromonas* mampu meningkatkan aktivitas fagositik, dan lisozim setelah diinfeksi dengan bakteri *A. hydrophila* (Wu *et al.*, 2015).

C. SISTEM IMUNITAS IKAN

Sistem imunitas atau sistem kekebalan merupakan mekanisme pertahanan tubuh yang berperan dalam tanggapan adanya invasi mikroba yang akan atau telah masuk ke dalam tubuh. Sistem imunitas diperlukan untuk setiap organisme yang dapat terpapar sumber

patogen yang menyebabkan penyakit seperti bakteri, virus, dan parasit (Mehana *et al.*, 2015).

Sistem imunitas dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem imunitas nonspesifik (alamiah) dan spesifik (adaptif). Sistem imunitasi nonspesifik dapat merespon jenis patogen yang general atau tidak spesifik pada jenis patogen tertentu. Sistem imunitas ini merupakan pertahanan pertama dan sudah terbentuk secara alami di dalam tubuh. Sistem imunitas spesifik merupakan pertahanan yang lebih spesifik dalam mengenali jenis patogen yang masuk ke dalam tubuh (Mehana *et al.*, 2015).

Sistem imunitas pada ikan akan mengenali dan memberikan tanggapan terhadap agen infeksi, mendeteksi adanya sel-sel abnormal serta menghancurkannya dan melindungi tubuh dari penyakit. Secara alami tubuh ikan membentuk sistem imunitas nonspesifik melalui sel-sel tubuh seperti sel-sel fagosit (mononuklear dan polimorfonuklear) dan *natural killer cells* (sel NK). Sel fagosit mononuklear berupa sel monosit dan makrofag. Sedangkan sel yang berperan dalam imunitas spesifik adalah sel limfosit yang akan menghasilkan antibodi. Sistem imunitas spesifik akan diaktifkan oleh sistem imunitas nonspesifik (Febrianti, 2020).

A. PROBIOTIK PADA IKAN

Probiotik merupakan suplemen makanan berupa bakteri yang hidup dan berkoloni di dalam usus besar, dimana bakteri ini bersifat nonpatogen, tidak toksik, tahan terhadap cairan asam yang dihasilkan lambung (Feliatra, 2018). Definisi probiotik menurut Newaz-Fyzul *et al.* (2014) adalah mikroba hidup yang memberi keuntungan dalam meningkatkan kesehatan inang dan diberikan dengan jumlah memadai atau sesuai. Pengertian probiotik pada organisme akuatik adalah sel-sel mikroba yang masuk dalam saluran gastrointestinal dan tetap hidup dengan tujuan untuk memperbaiki kesehatan dan diberikan dengan cara tertentu.

Interaksi antara ikan dengan lingkungan hidupnya lebih kompleks jika dibandingkan dengan hewan terestrial. Menurut Irianto (2003), interaksi mikroba dengan biota akuatik (inang) tidak hanya terjadi pada

saluran pencernaan saja tetapi bakteri probiotik bisa aktif di insang, kulit tubuh, ataupun lingkungan sekelilingnya. Berdasarkan hal tersebut maka probiotik dalam akuakultur didefinisikan juga sebagai mikroba hidup yang mampu meningkatkan atau memperbaiki kualitas air (Verschuere *et al.*, 2000).

Probiotik yang diaplikasikan dengan tepat akan berperan dalam meningkatkan pertumbuhan bagi inang. Hal ini terjadi karena bakteri probiotik berperan sebagai pengontrol keseimbangan mikroba dalam saluran pencernaan, peningkat penyerapan nutrisi pakan, dan perbaikan nilai nutrisi pakan (Widanarni *et al.*, 2012).

Beberapa mekanisme kerja bakteri probiotik dalam pengendalian kesehatan menurut Verschuere *et al.* (2000) adalah sebagai berikut:

- (1) produksi senyawa inhibitor
- (2) kompetisi terhadap senyawa kimia atau nutrisi (sumber energi),
- (3) kompetisi tempat untuk melekat dalam tubuh inang,
- (4) meningkatkan respon imunitas (kekebalan),
- (5) memperbaiki kualitas air, dan
- (6) interaksi dengan fitoplankton.

Pemanfaatan organisme hidup dalam suatu tujuan terkadang menemukan hasil yang kurang efektif. Ketidakefektifan pada penggunaan probiotik sebagai suplemen kesehatan ikan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adanya penurunan kelangsungan hidup dan kemampuan bakteri probiotik selama masa penyimpanan, lingkungan perairan kolam atau tambak yang kurang sesuai bagi bakteri probiotik, dan aplikasi yang kurang tepat baik dari dosis maupun waktunya (Aryati, *et al.* 2015).

B. KEGIATAN PENEMUAN PROBIOTIK PADA USUS IKAN KELABAU

Dijelaskan pada bagian ini mengenai langkah yang dilakukan dalam memperoleh probiotik dari usus ikan kelabau. Dimana akan ada tahap isolasi bakteri dan beberapa pengujian di setiap langkahnya. Untuk lebih jelasnya, silakan perhatikan uraian berikut ini!

(Uraian ini diambil dari kegiatan yang dilakukan oleh penulis)

1. BAHAN

Beberapa bahan yang digunakan selama tahapan berlangsung adalah:

- a. Isolat bakteri kandidat probiotik bersumber dari usus ikan kelabau yang berasal dari tang-

kan nelayan di Danau Melintang, Kecamatan Muara Wis, Kabupaten Kutai Kartanegara.

- b. Ikan mas (berat: $2,6 \pm 0,2$ g) yang berasal dari sentra pembenihan ikan mas di Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara.
- c. Ikan kelabau yang digunakan sebagai hewan uji patogenitas bakteri patogen, daya hambat, daya lindung, respon imunitas serta dosis bakteri (berat: $10,23 \pm 0,75$ g) berasal dari BBAT Mandiangin Kalimantan Selatan.
- d. Isolat bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 hasil isolasi dari ikan kelabau yang sakit digunakan sebagai bakteri patogen di setiap pengujian.
- e. Media Triptic Soy Agar (TSA), Media Triptic Soy Broth (TSB), dan Media Glutamate Starch Phenol Red Agar (GSP).
- f. Media pemeliharaan ikan yaitu air tawar PDAM yang sudah dinetralisir dari kaporit.
- g. Bahan lain yang digunakan seperti: kertas cakram, kertas saring, akuades, pakan ikan, larutan maltodextrin, reagen kit.

2. PROSEDUR

a. Persiapan

Penelitian diawali dengan mempersiapkan perlakuan air sebagai media penelitian dengan suhu 27-29 °C, oksigen 5,49-5,78 mg/L dan pH 6,52-6,64, akuarium sebagai wadah hidup ikan, dan mempersiapkan hewan uji yaitu ikan kelabau dan ikan mas.

b. Pelaksanaan

- 1) Isolasi dan karakterisasi morfologi koloni bakteri dari usus ikan kelabau (*O. melanopleurus* Bleeker).
- 2) Uji patogenitas bakteri patogen. Pada tahapan ini akan diperoleh jenis patogen dengan tingkat virulensi tertinggi. Bakteri patogen yang didapatkan akan digunakan sebagai agen penyebab bercak merah pada ikan pada penelitian ini.
- 3) Uji daya hambat bakteri dari usus ikan kelabau terhadap bakteri *A. hydrophila* dan *Pseudomonas* sp. secara *in vitro* dengan metode Kirby-Bauer. Pada tahapan ini akan didapatkan isolat dengan kemampuan terbaik melawan patogen. Indikatornya adalah diameter zona bening yang terbentuk.

- 4) Uji hubungan antar isolat bakteri usus ikan kelabau yang telah didapatkan dari uji sebelumnya.
- 5) Uji patogenitas isolat bakteri usus ikan kelabau terhadap ikan mas untuk mengetahui keamanannya pada ikan budidaya dan dilanjutkan dengan uji molekuler isolat yang dinyatakan aman penggunaannya.
- 6) Uji daya hambat dan daya lindung serta respon imunitas ikan kelabau secara *in vivo*.
- 7) Uji aplikasi dosis bakteri kandidat probiotik.

3. ANALISIS DATA

Analisis dalam tahap uji daya hambat bakteri secara *in vitro* merujuk pada diameter daya hambat antibiotik menurut Davis dan Stout (1971) dan Mayer (2007).

Tabel 4.1. Kategori Zona Hambat terhadap Pertumbuhan Bakteri

Kategori	Diameter zona hambat (mm)
Sangat kuat	> 20
Kuat	10-20
Sedang	5-10
Lemah/tidak ada respon	< 5

Sumber: Davis dan Stout (1971)

Tabel 4.2. Diameter Zona Hambat Beberapa Antibiotik

Antibiotik	Kategori daya hambat (mm)		
	Resisten	Intermediet	Rentan
Chloramphenicol	≤ 12	13-17	≥ 18
Erythromycin	≤ 13	14-17	≥ 19
Nalidixid Acid	≤ 13	14-18	≥ 19
Streptomycin	≤ 11	12-14	≥ 15
Tetracyclin	≤ 14	15-18	≥ 19
Trimethoprim	≤ 10	11-15	≥ 16

Sumber: Mayer (2007)

Pengaruh jenis isolat bakteri usus ikan kelabau terhadap tingkat kelangsungan hidupnya dianalisis menggunakan Uji *one way* ANOVA. Analisis data pengaruh jenis isolat bakteri dari usus ikan kelabau terhadap parameter jumlah bakteri patogen yaitu *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 dalam darah, parameter hematologi serta parameter respon imunitas ikan Kelabau selama pengamatan dilakukan digunakan Uji Repeated Measurements ANOVA.

Pada uji aplikasi dosis digunakan Uji *two ways* ANOVA (faktorial) untuk melihat pengaruh dosis bakteri kandidat probiotik, bakteri patogen serta interaksinya terhadap kelangsungan hidup ikan kelabau.

A. BAKTERI USUS IKAN KELABAU DAN KEMAMPUAN ANTIBAKTERIALNYA

Bakteri usus ikan kelabau memiliki keragaman dilihat dari morfologi koloninya. Di dalam monograf ini terdapat 19 isolat murni bakteri usus ikan kelabau. Di mana ciri morfologinya menunjukkan warna yaitu kuning, putih, dan putih susu dengan karakter flat dan convex serta bentuk koloni terdiri dari circular, irregular, filamentous dan rhizoid. Pengamatan morfologi isolat bakteri usus ikan kelabau adalah langkah awal dalam menentukan bakteri kandidat probiotik pada penelitian ini.

Kemampuan hambat 19 isolat bakteri usus ikan kelabau terhadap bakteri patogen *A. hydrophila* AH-1, *A.* dan *Pseudomonas* sp. PS-1 secara *in vitro* menunjukkan hasil yang berbeda-beda, baik oleh sel bakteri utuh (GB), ataupun komponen selulernya (ECP dan ICP).

Sel bakteri utuh (GB) dari usus ikan kelabau memiliki kemampuan antibakterial tergolong sedang-kuat terhadap bakteri *A. hydrophila* (AH-1) dengan rata-rata diameter zona bening berkisar antara 8,3-13,5 mm. Sedangkan terhadap bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 mencapai 7,3-11,3 mm.

Aktivitas antibakterial ICP terhadap bakteri *A. hydrophila* AH-1 tergolong sedang-kuat dengan rata-rata diameter zona bening antara 6,3-11,5 mm, dan terhadap bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 6,2-10,2 mm. Aktivitas antibakterial ECP tergolong sedang dengan rata-rata diameter zona bening antara 7,2-9,2 mm, sedangkan terhadap bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 6,3-10,3 mm.

Uji daya hambat secara *in vitro* merupakan tahap penting untuk mengetahui potensi suatu isolat bakteri berperan sebagai biokontrol terhadap patogen (Gatesoupe, 1999; Verschuere *et al.*, 2000; Newaz-Fyzul *et al.*, 2014). Ukuran diameter zona hambat dari isolat bakteri kandidat probiotik yang dipilih umumnya pada kategori sedang-kuat atau resisten.

Berdasarkan uji *in vitro* ini diambil delapan isolat yang memiliki daya hambat terbesar terhadap bakteri patogen uji, dimana rata-rata zona bening yang terbentuk berkisar 11,3-13,5 mm. Hal ini menunjukkan

bahwa isolat bakteri usus ikan kelabau ini mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang diujikan secara *in vitro*. Delapan isolat yang terpilih terdiri dari BP1, BP2, BP3, BP4, BPs1, BPs2, BK, dan BeP1.

Penyiapan produk probiotik yang melibatkan lebih dari satu jenis bakteri memerlukan informasi terkait hubungan di antara semua bakteri yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan adanya hubungan antar mikroba yang dapat bersifat sinergis dan antagonis satu sama lain. Jika hubungan yang terbentuk antar delapan isolat adalah bersifat antagonis maka aplikasi dua atau lebih spesies bakteri dalam suatu produk probiotik tidak akan efektif.

Interaksi antar delapan isolat kandidat probiotik menunjukkan hubungan yang bersifat antagonis dengan terlihatnya zona bening pada wilayah pertemuan antar isolat pada uji patagonis dengan metode Kirby-Bauer. Diameter zona bening berkisar antara 7,2-12,3 mm, menurut Davis dan Stout (1971) kemampuannya termasuk sedang-kuat dan menurut Mayer (2007) termasuk resisten.

Bakteri yang bersifat sinergis dan antagonis dapat diketahui dari ada atau tidaknya zona bening yang ter-

bentuk saat masing-masing isolat digoreskan secara bersinggungan satu sama lain menggunakan metode gores. Apabila isolat tidak membentuk zona bening maka isolat dikatakan bersifat sinergis. Sebaliknya, jika isolat membentuk zona bening disebut bersifat antagonis.

Sifat antagonis dari delapan isolat bakteri usus ikan kelabau ini menunjukkan bahwa masing-masing isolat menghasilkan senyawa antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri lainnya. Oleh karena itu, delapan isolat ini diaplikasikan secara tunggal pada pengujian selanjutnya.

B. PATOGENITAS ISOLAT BAKTERI USUS IKAN KELABAU TERHADAP IKAN MAS SEBAGAI IKAN BUDIDAYA

Kemampuan delapan isolat bakteri usus ikan kelabau juga diujikan terhadap ikan budidaya yaitu ikan mas. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan penggunaan isolat sebagai kandidat probiotik terhadap ikan budidaya.

Delapan isolat diinjeksikan pada ikan mas secara *intramuscular* dengan dosis 0,1 mL/ikan pada kepadat-

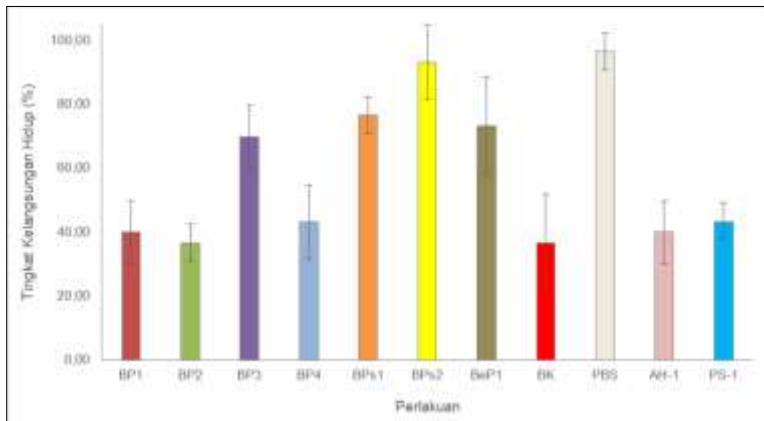
an bakteri 10^6 CFU/mL dan ikan mas dipelihara selama tujuh hari. Hasil pengamatan terlihat bahwa ikan mas mengalami perubahan gejala klinis dan anatomis. Perubahan yang teramati memiliki perbedaan pada masing-masing perlakuan terhadap ikan mas. Hal ini dikarenakan bakteri-bakteri tersebut memiliki patogenitas yang berbeda berkaitan dengan tingkat virulensinya.

Munculnya gejala klinis terlihat pada hari ke-1 sampai hari ke-7 setelah ikan mas diinfeksi dengan isolat bakteri usus ikan kelabau. Secara umum, ikan terlihat lebih banyak diam (pasif), pola renang berupa *gaspang*, *whirling* (berenang berputar) dan melayang, serta terjadi penurunan nafsu makan dan melemahnya respon refleks ikan. Perubahan pada anatomi ikan mas secara umum berupa furunkel (bisul), hemoragik, *ulcus* di permukaan tubuh, dan *dropsy* yang disebabkan oleh akumulasi cairan pada organ pencernaannya, serta insang pucat. Hal ini terjadi dikarenakan isolat bakteri tersebut mempunyai senyawa ekstraseluler seperti leukosidin dan hemolisin yang dapat merusak sel darah inangnya.

Produk ekstraseluler bakteri memiliki beberapa tipe enzim seperti kasein, gelatinase, lipase, kitinase, amilase, kolagenase, hialuronidase, elastase, dan

protease. Enzim-enzim tersebut mampu merubah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat menyebabkan bakteri lebih mudah masuk dan merusak sel inangnya (Sahu *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2013).

Tingkat kelangsungan hidup ikan mas setelah infeksi isolat bakteri usus ikan kelabau menunjukkan persentase yang berbeda-beda pada setiap perlakuan.



Gambar 5.1. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Mas pada Uji Patogenitas Bakteri dari Usus Ikan Kelabau

Kisaran angka kelangsungan hidup ikan mas yaitu antara 36,67-96,67%. Kelangsungan hidup terendah adalah pada perlakuan injeksi dengan isolat BP2 dan BK, dan yang tertinggi dengan injeksi PBS. Perlakuan yang menghasilkan tingkat kelangsungan hidup ikan mas di atas 60% dipilih sebagai isolat yang akan digunakan

pada uji selanjutnya. Ada empat isolat yang memenuhi kriteria ini, dan dianggap aman sebagai probiotik terhadap ikan mas yaitu BPs1, BPs2, BP3 dan BeP1. Selain tingkat kelangsungan hidup yang cukup tinggi, isolat ini juga menunjukkan gejala klinis dan patologi anatomi yang lebih ringan pada ikan mas.

Empat isolat bakteri usus ikan kelabau yang berpotensi sebagai probiotik ini termasuk ke dalam genus *Bacillus* dan *Staphylococcus*. Hasil identifikasi secara molekuler terlihat pada tabel 5.1. berikut:

Tabel 5.1. Hasil Identifikasi Molekuler Empat Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau

No.	Kode Isolat	Panjang Sekuen (bp)	Nama Hasil BLAST	Homologi (%)	Accession Number
1	BPs1	1145	<i>Bacillus albus</i>	99,30	MT269535
2	BPs2	1441	<i>Staphylococcus edaphicus</i>	99,93	MT269536
3	BP3	1419	<i>Bacillus paramycoides</i>	100	MT269537
4	BeP1	1179	<i>Bacillus albus</i>	99,07	MT269538

C. DAYA HAMBAT DAN DAYA LINDUNG ISOLAT BAKTERI USUS IKAN KELABAU SECARA *IN VIVO* SERTA RESPON IMUNITAS IKAN KELABAU TERHADAP BAKTERI PATOGEN

Daya hambat dan daya lindung empat isolat bakteri usus ikan kelabau diuji secara *in vivo* pada ikan kelabau untuk

mengetahui kemampuan isolat tersebut sebagai probiotik, melawan bakteri patogen. Patogen yang digunakan adalah bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1. Masing-masing isolat akan diuji tantang dengan kedua jenis bakteri ini. Ikan kelabau diberi pakan yang mengandung 4 jenis isolat tersebut selama 13 hari. Pada hari berikutnya (hari ke-14) diuji kemampuannya melawan bakteri patogen yang telah disiapkan.

Hasil yang didapat selama masa pemberian pakan yang mengandung isolat bakteri kandidat probiotik ini, ikan kelabau tidak mengalami perubahan pada anatomi, tidak ada gejala klinis, serta respon imunitas dan kelangsungan hidup ikan juga baik. Hal ini menunjukkan bahwa isolat tersebut tidak menyebabkan penurunan kesehatan pada ikan kelabau.

Berikut penjabaran hasil pengamatan pada setiap uji tantang.

1. Daya hambat dan daya lindung bakteri usus ikan kelabau secara *in vivo* terhadap bakteri *Aeromonas hydrophila* AH-1

Bakteri patogen *A. hydrophila* AH-1 menunjukkan virulensi dengan adanya gejala klinis yang terlihat pada jam ke-24 setelah menginfeksi ikan kelabau.

Gejala klinis berupa aktivitas renang yang pasif, pola renang melayang dan *gasping* (terbalik), penurunan nafsu makan serta respon refleksi ikan lemah.

Tabel 5.2. Gejala Klinis Ikan Kelabau pada Uji Daya Hambat dan Daya Lindung Bakteri Usus Ikan Kelabau terhadap Bakteri *A. hydrophila* AH-1

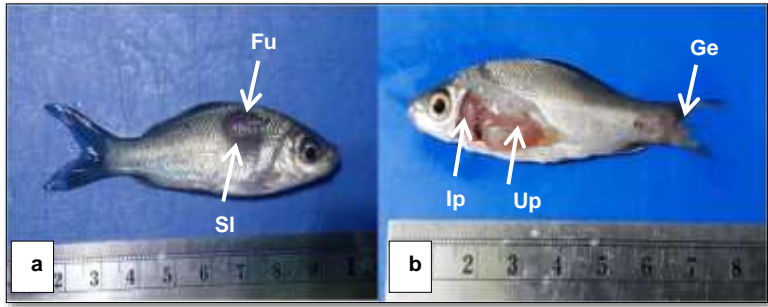
Perlakuan	Hari ke-	Gejala Klinis			
		Aktivitas Renang	Pola Renang	Nafsu Makan	Refleks
PBS (kontrol)	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	7	Aktif	Normal	Normal	Normal
	15	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	17	Pasif	<i>Whirling</i>	Menurun	Lemah
	19	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	21	Pasif	Melayang	Normal	Normal
BPs1 (<i>B. albus</i> MT 269535)	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	7	Aktif	Normal	Normal	Normal
	15	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	17	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	19	Pasif	Melayang	Menurun	Normal
	21	Pasif	Normal	Normal	Normal
BPs2 (<i>S. edaphicus</i> MT 269536)	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	7	Aktif	Normal	Normal	Normal
	15	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	17	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	19	Aktif	Melayang	Normal	Normal
	21	Aktif	Normal	Normal	Normal
BP3 (<i>B. paramycoides</i> MT 269537)	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	7	Aktif	Normal	Normal	Normal
	15	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	17	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	19	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	21	Pasif	Melayang	Normal	Normal
BeP1 (<i>B. albus</i> MT 269538)	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	7	Aktif	Normal	Normal	Normal
	15	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	17	Pasif	<i>Whirling</i>	Menurun	Lemah
	19	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	21	Aktif	Normal	Normal	Normal

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa kondisi ikan kelabau mengalami penurunan mulai pada hari ke-15. Namun pada beberapa gejala klinis dapat kembali normal mulai pada hari ke-19 dan ke-21, terutama pada perlakuan isolat *S. Edaphicus* (BPs2) dan disusul oleh *B. albus* (BeP1), serta *B. albus* (BPs1).

Perubahan morfologi dan anatomi pada ikan kelabau:

1. sisik lepas,
2. *hemoragik*,
3. *furunkel*,
4. *ulcus*, dan
5. *dropsy*

Perubahan ini lebih banyak terlihat pada perlakuan kontrol. Kerusakan organ pada ikan disebabkan karena bakteri *A. hydrophila* menghasilkan produk ekstraseluler yang bersifat toksik bagi ikan. Produk ekstraseluler mengandung beberapa enzim dan hemolisin, kedua bahan ini yang menyebabkan sitotoksik, sitolitik, hemolitik dan enterotoksik pada ikan yang terinfeksi (Sahu *et al.*, 2011). Penampakan ikan kelabau yang mengalami kerusakan pada organ terlihat pada gambar berikut:

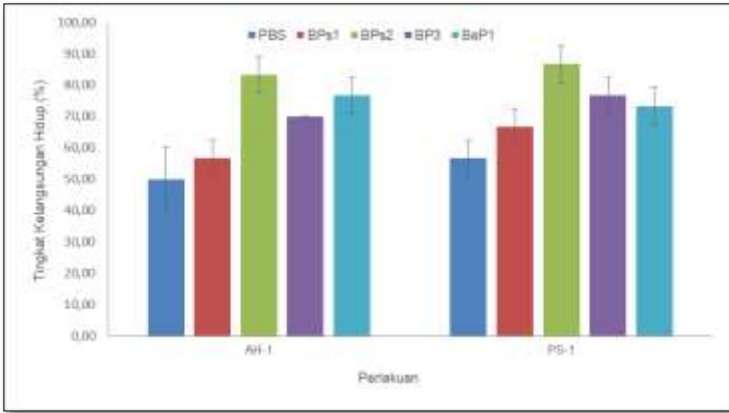


Keterangan: (a) *Furunkel* (Fu) di punggung dan sisik lepas (Sl). (b) Ekor geripis (Ge), insang (Ip) dan organ dalam yang pucat (Up)

Gambar 5.2. Patologi Ikan Kelabau setelah Diuji Tantang dengan Bakteri *A. hydrophila* AH-1

Tingkat kelangsungan hidup ikan kelabau:

Persentase kelangsungan hidup ikan tertinggi ditunjukkan pada ikan yang diberi isolat *S. edaphicus* (BPs2) yaitu 83,33%, diikuti oleh isolat *B. albus* (BeP1) sebesar 76,67%, isolat *B. paramycoides* (BP3) sebesar 70,00%, dan isolat *B. albus* (BPs1) sebesar 56,67% sedangkan kontrol (PBS) menunjukkan tingkat kelangsungan hidup paling rendah sebesar 50,00% seperti pada gambar berikut:

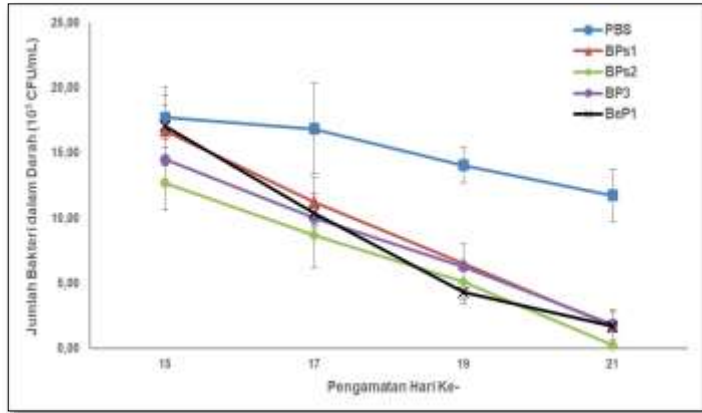


Gambar 5.3. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Kelabau Pada Uji Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus terhadap Bakteri Patogen

Jumlah bakteri patogen di dalam darah ikan kelabau:

Pemberian pakan yang mengandung isolat bakteri usus ikan kelabau mampu menunjukkan hasil yang baik, di mana jumlah bakteri patogen di dalam darah ikan uji mengalami penurunan selama pengamatan. Berikut gambaran bagaimana penurunan yang terjadi pada jumlah bakteri patogen dalam darah ikan kelabau:

Jumlah bakteri patogen di dalam darah ikan kelabau yang telah diberi perlakuan terlihat pada tabel berikut ini.



Gambar 5.4. Jumlah Bakteri Patogen dalam Darah Ikan Kelabau pada Uji Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus terhadap Bakteri *A. hydrophila* AH-1

Jumlah bakteri patogen dalam darah bervariasi tiap perlakuan, jumlah tertinggi ditemukan pada perlakuan kontrol dan terendah pada perlakuan bakteri *S. edaphicus*. Isolat bakteri usus ikan kelabau mampu melindungi dan menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam tubuh ikan tersebut. Pada ikan lele dumbo (*Clarias* sp.) juga terjadi hal yang sama setelah diuji tantang dengan bakteri *A. hydrophila*, jumlah bakteri patogen dalam darahnya mengalami penurunan dengan perlakuan bakteri *P. cepacia* dan *K. gibsonii* (Agustina, 2007).

Jumlah bakteri *A. hydrophila* AH-1 dalam darahnya berkaitan dengan kemampuan ikan kelabau

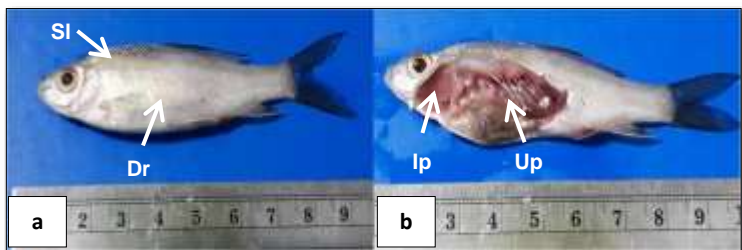
menghadapi infeksi bakteri tersebut. Pada perlakuan pemberian isolat bakteri dari usus ikan kelabau jumlah bakteri patogen dalam darahnya lebih sedikit dibanding perlakuan kontrol (PBS). Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri probiotik terutama pada perlakuan bakteri *S. edaphicus* memiliki kemampuan menghambat perkembangan atau *proliferasi* bakteri *A. hydrophila* AH-1 dalam tubuh ikan kelabau.

2. Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus Ikan Kelabau terhadap Bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1

Ikan kelabau mulai mengalami perubahan gejala klinis, patologi anatomi, hingga terlihat beberapa ikan mengalami kematian setelah uji tantang dengan bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1.

Ikan kelabau terlihat pasif, pola renang melayang, mengalami penurunan nafsu makan, serta respon ikan buruk/lemah. Sisik ikan lepas, ikan mengalami *dropsy* serta organ dalam berair khususnya bagian pencernaan dan juga pucat. Kerusakan pada organ ikan uji bisa disebabkan oleh aktivitas bakteri patogen yang menghasilkan senyawa yang

bersifat toksik. Percobaan Hardi *et al.* (2014) menyatakan bahwa produk selular yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas* sp. adalah berupa ECP (produk ekstraseluler) dan ICP (produk intraseluler) mampu menyebabkan patologi anatomi ikan nila dan bahkan dapat menyebabkan kematian.



Keterangan: (a) Dropsy (Dr) dan sisik lepas (SI). (b) Insang (Ip) dan organ dalam (Up) yang pucat dan lembek

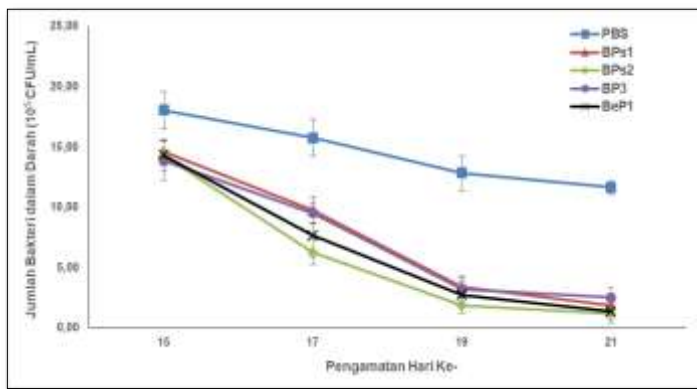
Gambar 5.5. Patologi Ikan Kelabau Setelah Diuji Tantang dengan Bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1

Tingkat kelangsungan hidup ikan kelabau:

Tingkat kelangsungan hidup tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan bakteri *S. edaphicus* (BPs2), diikuti oleh *B. paramycoides* (BP3), *B. albus* (BeP1), *B. albus* (BPs1) dan kontrol (PBS), masing-masing sebesar 86,67%, 76,67%, 73,33%, 66,67% dan 56,67%. Berdasarkan data ini terlihat bahwa isolat bakteri usus ikan kelabau mampu melindungi ikan dari infeksi bakteri patogen tersebut, dibanding kontrol.

Jumlah bakteri patogen di dalam darah ikan kelabau:

Rerata jumlah bakteri patogen dalam darah ikan kelabau yang diuji tantang dengan bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 paling rendah pada perlakuan isolat bakteri *S. edaphicus* yaitu $5,87 \times 10^5$ CFU/mL dan paling tinggi pada perlakuan kontrol yaitu $14,56 \times 10^5$ CFU/mL. Berkurangnya jumlah bakteri patogen di dalam darah selama pengamatan menunjukkan bahwa ikan memiliki kemampuan untuk menghadapi invasi patogen dari luar. Proliferasi bakteri patogen di dalam tubuh ikan kelabau dihambat oleh bakteri yang berasal dari usus ikan kelabau.



Gambar 5.6. Jumlah Bakteri Patogen dalam Darah Ikan Kelabau Pada Uji Daya Hambat dan Daya Lindung Isolat Bakteri Usus terhadap Bakteri Patogen *Pseudomonas* sp. PS-1

D. RESPON IMUNITAS IKAN KELABAU TERHADAP BAKTERI PATOGEN

Parameter Hematologi

Hematologi merupakan salah satu parameter yang dapat diamati dalam kajian kesehatan ikan. Darah di dalam pembuluh berhubungan dengan transportasi oksigen dan nutrisi serta berperan dalam menjaga keseimbangan tubuh. Menurut Roberts (2012), perubahan kandungan hematokrit, hemoglobin, jumlah sel darah merah, dan jumlah sel darah putih di dalam darah dapat disebabkan karena adanya infeksi suatu penyakit.

Kesehatan ikan kelabau terlihat normal saat diberi pakan yang mengandung isolat bakteri usus. Seperti halnya pada parameter gejala klinis dan patologi anatomi, parameter hematologi ikan kelabau juga mengalami perubahan setelah ikan diuji tantangan dengan bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1.

Kadar hemoglobin ikan kelabau mengalami fluktuasi selama pengamatan. Kadar hemoglobin berkisar antara 5,67-7,52 g/dL, pada perlakuan terhadap *A. hydrophila* AH-1 dan 5,83-7,52 g/dL pada perlakuan terhadap *Pseudomonas* sp. PS-1. Pada perlakuan bakteri *S. edaphicus* tertinggi dan terendah pada perlakuan kontrol setelah masing-masing diuji dengan bakteri

patogen. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri usus dapat membantu dalam meningkatkan hemoglobin darah ikan.

Kadar hematokrit ikan uji mengalami penurunan setelah diuji tantang dengan bakteri patogen dan meningkat ketika di akhir pengamatan. Perlakuan isolat bakteri *S. edaphicus* dengan kadar hematokrit tertinggi.

Total eritrosit ikan juga mengalami fluktuasi selama pengamatan, di mana sehari setelah uji tantang eritrosit ikan menurun dan meningkat kembali pada hari terakhir pengamatan. Eritrosit terendah terlihat pada ikan dengan infeksi bakteri *A. hydrophila* AH-1. Bakteri ini dapat menyebabkan lisinya sel darah ikan yang berujung pada terjadinya anemia.

Total leukosit mengalami peningkatan pada ikan yang diberi isolat bakteri usus dan diuji tantang dengan bakteri patogen yaitu antara $9,13-11,48 \times 10^4$ sel/mm³. Angka ini termasuk normal karena masih pada rentang $2,0-15,0 \times 10^4$ sel/mm³ darah (Moyle dan Cech, 2004). Leukosit berperan ketika ada patogen yang menginfeksi ikan, karena fungsinya dalam peningkatan imunitas sebagai bentuk pertahanan seluler. Pada pengamatan hari ke-21 terlihat penurunan jumlah leukosit kecuali pada kontrol. Hal ini menandakan bahwa infeksi patogen

sudah berkurang sedangkan pada kontrol masih dalam tahap perlawanan terhadap patogen.

Kadar atau jumlah dari jenis leukosit seperti neutrofil, monosit, dan limfosit serta parameter imunitas lainnya yaitu fagositik dan pelekatan NBT, menunjukkan respon imunitas ikan tersebut.

- *Kadar neutrofil*

Rata-rata jumlah neutrofil pada ikan mengalami peningkatan setelah ujiantang dan menurun pada akhir pengamatan, kecuali pada kontrol yang selalu meningkat hingga terakhir pengamatan. Perlakuan Isolat *S. edaphicus* (BPs2) merupakan yang paling tinggi dibanding yang lainnya. Sel neutrofil meningkat saat terjadi infeksi patogen bertujuan agar dapat melawan mikroba penyebab penyakit dengan melakukan fagositosis (Mehana *et al.*, 2015).

- *Kadar monosit*

Secara umum monosit pada ikan kelabau meningkat dengan pemberian isolat bakteri ususnya dan jumlahnya lebih tinggi dibanding ikan kelabau pada perlakuan PBS. Sehari setelah ujiantang sampai hari ke-21 monosit ikan kelabau yang diujiantang dengan bakteri *A. hydrophila* AH-1 mengalami peningkatan dan persentasenya lebih tinggi dari pada ikan yang diinfeksi bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1.

Seperti pada penelitian Aly *et al.* (2008) peningkatan jumlah monosit juga terjadi ketika ikan nila (*O. niloticus*) diberikan suplemen bakteri probiotik.

- *Kadar limfosit*

Persentase jumlah limfosit dalam darah ikan kelabau mengalami penurunan pada perlakuan pemberian isolat bakteri usus dan setelah diuji tantang dengan baktri *A. hydrophila* AH-1. Hal ini diduga karena pada saat pemberian isolat bakteri usus dan bakteri *A. hydrophila* AH-1 terjadi mekanisme perlawanan dari leukosit dalam tubuh ikan sehingga terjadi penurunan jumlah limfosit. Menurut Rukyani *et al.* (1997) limfosit merupakan sel penyedia zat kebal tubuh yang digunakan saat terjadinya peningkatan intensitas infeksi oleh patogen tertentu, sehingga jumlahnya berkurang seiring meningkatnya kebutuhan sel darah putih saat melawan patogen.

- *Fagositik ikan*

Secara umum fagositik ikan mengalami peningkatan setelah diberi bakteri usus maupun setelah uji tantang dengan kedua jenis bakteri patogen dan mengalami penurunan pada hari ke-21. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri usus ikan kelabau dapat meningkatkan kinerja

leukosit dalam memfagosit patogen yang menginvasi ikan.

- *Pelekatan NBT*

Pelekatan NBT pada ikan mengalami peningkatan sampai hari ke-17 dan mengalami penurunan pada hari ke-21 pada kecuali pada perlakuan PBS. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri usus pada ikan kelabau mampu menstimulasi sistem imunitas dengan meningkatnya aktivitas neutrofil dalam menghancurkan bakteri patogen (antigen). Pelekatan NBT menggambarkan aktivitas neutrofil dalam darah.

Berdasarkan parameter hematologi dan imunitas ikan terlihat bahwa isolat bakteri usus ikan kelabau mampu meningkatkan kemampuan ikan uji dalam melawan invasi bakteri patogen (*A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1). Isolat bakteri *S. edaphicus* (BPs2) memiliki kemampuan menghambat patogen yang lebih baik pada uji ini, meskipun pada uji *in vitro* tidak menunjukkan hasil yang sama. Hal ini belum diketahui penyebabnya, namun kedua hasil tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan kandidat bakteri probiotik (Verschuere *et al.*, 2000). Selain itu kualitas air selama uji *in vivo* tidak mengalami

perubahan (Effendi, 2003). Hal ini menunjukkan bahwa stres lingkungan bukan penyebab terjadinya perubahan kondisi kesehatan ikan melainkan disebabkan oleh perlakuan yang diberikan.

E. PENENTUAN DOSIS BAKTERI PROBIOTIK (*Staphylococcus edaphicus*)

S. edaphicus yang terbukti lebih potensial dalam mengatasi infeksi bakteri patogen perlu ditentukan dosis penggunaannya sebagai probiotik pada ikan kelabau. Ada empat dosis yang diujicobakan, yaitu 0,0%, 0,5%, 1,0% dan 2,0% dengan konsentrasi 10^{10} CFU/g pakan dalam mikrokapsul. Terdapat tiga jenis kombinasi patogen yang diujikan, yaitu uji tantang dengan bakteri *A. hydrophila* AH-1, kombinasi *A. hydrophila* AH-1+*Pseudomonas* sp. PS-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1.

Pemberian pakan dengan empat macam dosis isolat *S. edaphicus* selama 30 hari tidak mempengaruhi kesehatan ikan, kondisi ikan masih pada kisaran normal baik gejala klinis, patologi anatomi, hematologi maupun respon imunitas.

Penentuan dosis penggunaan *S. edaphicus* yang baik sebagai probiotik dipertimbangkan berdasarkan

gejala klinis dan patologi anatomi yang muncul, tingkat kelangsungan hidup ikan, perubahan parameter hematologi, serta respon imunitas ikan setelah diinfeksi bakteri patogen.

Gajala Klinis dan Patologi Anatomi

Gejala klinis ikan kelabau dalam uji untuk menentukan dosis isolat kandidat probiotik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.3. Gejala Klinis Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Hari ke-	Gejala Klinis			
		Aktivitas Renang	Pola Renang	Nafsu Makan	Refleks
A1	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	35	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Melayang	Menurun	Lemah
A2	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
A3	37	Pasif	Melayang	Normal	Normal
	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	<i>Gasping</i>	Menurun	Lemah
B1	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Pasif	Melayang	Normal	Normal
	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Normal	Menurun	Lemah

Perlakuan	Hari ke-	Gejala Klinis			
		Aktivitas Renang	Pola Renang	Nafsu Makan	Refleks
B2	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Pasif	Normal	Menurun	Lemah
B3	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Pasif	Normal	Normal	Normal
C1	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Normal	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Normal	Normal	Lemah
C2	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Normal	Menurun	Lemah
	37	Pasif	Normal	Normal	Lemah
	C3	0	Aktif	Normal	Normal
10		Aktif	Normal	Normal	Normal
25		Aktif	Normal	Normal	Normal
33		Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
35		Pasif	Normal	Menurun	Lemah
37		Aktif	Normal	Normal	Lemah
D1	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Normal	Menurun	Lemah
D2	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Normal	Menurun	Lemah

D3	0	Aktif	Normal	Normal	Normal
	10	Aktif	Normal	Normal	Normal
	25	Aktif	Normal	Normal	Normal
	33	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	35	Pasif	Melayang	Menurun	Lemah
	37	Aktif	Normal	Normal	Lemah

Keterangan:

A1 : dosis 0,0%, diuji AH-1

B2 : dosis 0,5%, diuji AH-1+PS-1

C3 : dosis 1,0%, diuji PS-1

A2 : dosis 0,0%, diuji AH-1+PS-1

B3 : dosis 0,5%, diuji PS-1

D1 : dosis 2,0%, diuji AH-1

A3 : dosis 0,0%, diuji PS-1

C1 : dosis 1,0%, diuji AH-1

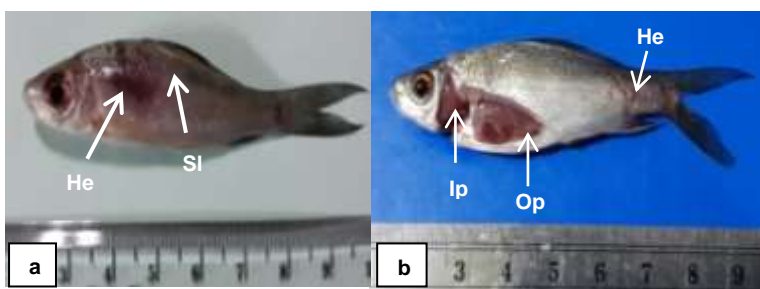
D2 : dosis 2,0%, diuji AH-1+PS-1

B1 : dosis 0,5%, diuji AH-1

C2 : dosis 1,0%, diuji AH-1+PS-1

D3 : dosis 2,0%, diuji PS-1

Gejala klinis dan patologi anatomi muncul setelah diujiantang. Secara umum gejala klinis yang teramati adalah ikan terlihat pasif, *gasping*, dan kurang nafsu makan. Patologi anatomi ikan tampak pada permukaan tubuh mengalami *hemoragik*, sisik lepas, *dropsy*, *ulkus* dan *furunkel*, organ dalam berair, pucat sampai hancur, seperti pada gambar berikut:



Keterangan: (a) *Hemoragik* (He) pada dada dan sisik lepas (SI) pada punggung ikan kelabau. (b) Insang (Ip) dan organ dalam pucat (Op) dan *hemoragik* di atas pangkal ekor (He).

Gambar 5.7. Patologi Anatomi Ikan Kelabau pada Uji Dosis Kandidat Probiotik

Pada akhir pengamatan ikan kelabau pada perlakuan A2 dan B2 masih menunjukkan gejala abnormalitas sedang C2 dan D2 telah pulih. Ikan kelabau pada perlakuan C2 mengalami patologi anatomi yang lebih ringan dibanding pada perlakuan lainnya.

Kelangsungan Hidup Ikan

Tidak ditemukan adanya hubungan antara faktor dosis bakteri *S. edaphicus* dengan jenis patogen yang digunakan terhadap kelangsungan hidup ikan kelabau.

Ikan pada perlakuan dosis 1% bakteri *S. edaphicus* menunjukkan gejala klinis dan patologi anatomi lebih ringan dan kelangsungan hidup yang lebih tinggi daripada perlakuan lain setelah diuji tantang dan ikan lebih cepat pulih. Kelangsungan hidup ikan mencapai 82,22%. Dosis dengan kelangsungan hidup ikan terendah ditunjukkan pada perlakuan dosis 0,5% bakteri *S. edaphicus* yaitu sebesar 47,78%.

Berdasarkan jenis patogennya, kondisi ikan yang paling tinggi kerusakannya terlihat pada perlakuan uji tantang gabungan bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 dengan tingkat kelangsungan hidup ikan hanya sebesar 60,83%. Kelangsungan hidup

paling baik ditunjukkan pada perlakuan uji tantang dengan bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1 sebesar 69,17%.

Tabel 5.4. Rerata Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Tingkat Kelangsungan Hidup (%)
a. Faktor Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	
A (0,0%)	47,78±6,67 ^a
B (0,5%)	66,67±5,00 ^b
C (1,0%)	82,22±6,67 ^c
D (2,0%)	63,33±7,07 ^b
b. Faktor Bakteri Patogen	
1 (<i>A. hydrophila</i> AH-1)	65,00±14,46 ^{ab}
2 (<i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	60,83±13,76 ^a
3 (<i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	69,17±13,11 ^b

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($P>0,05$)

Kematian terbanyak ditemukan pada perlakuan yang diinfeksi dengan gabungan bakteri *A. hydrophila* AH-1+*Pseudomonas* sp. PS-1. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 berpotensi meningkat patogenitasnya saat diinfeksi secara bersamaan pada ikan kelabau dibanding infeksi tunggal.

Kelangsungan hidup memiliki korelasi dengan jumlah bakteri di dalam darah ikan. Kedua faktor memiliki interaksi terhadap parameter ini. Perhatikan data pada tabel berikut:

Tabel 5.5. Rerata Jumlah Bakteri Patogen dalam Darah Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Jumlah Bakteri (x 10 ⁵ CFU/mL)
a. Faktor Dosis Bakteri Kandidat Probiotik	
A (0,0%)	19,11±3,88 ^c
B (0,5%)	8,57±5,39 ^b
C (1,0%)	5,75±4,05 ^a
D (2,0%)	7,92±6,09 ^b
b. Faktor Bakteri Patogen	
1 (<i>A. hydrophila</i> AH-1)	10,39±6,70 ^{ab}
2 (<i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	11,25±7,84 ^b
3 (<i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	9,37±5,63 ^a
c. Interaksi antar Faktor	
A1 (0,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	18,47±2,78 ^c
A2 (0,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	22,69±2,35 ^d
A3 (0,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	16,16±2,31 ^c
B1 (0,5% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	9,73±2,71 ^b
B2 (0,5% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	8,42±5,11 ^{ab}
B3 (0,5% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	7,55±4,52 ^{ab}
C1 (1,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	5,87±4,41 ^{ab}
C2 (1,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	5,49±3,71 ^a
C3 (1,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	5,89±4,46 ^{ab}
D1 (2,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	7,51±4,23 ^{ab}
D2 (2,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	8,39±4,53 ^{ab}
D3 (2,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	7,87±3,94 ^{ab}

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($P>0,05$)

Berdasarkan uji Repeated Measurement ANOVA faktorial, perlakuan dosis bakteri kandidat probiotik dan jenis bakteri patogen yang diinfeksi saat ujiantang pada ikan kelabau memberi pengaruh yang nyata terhadap rerata jumlah bakteri patogen dalam darahnya selama pengamatan, demikian pula dengan interaksi

dari kedua faktor tersebut ($P < 0,05$). Semakin kecil jumlah bakteri patogen dalam darah ikan kelabau selama pengamatan menunjukkan bahwa bakteri *S. edaphicus* mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang diinjeksikan pada saat ujiantang.

Parameter hematologi

Terjadi perubahan hematologi ketika ikan kelabau diujiantang dengan bakteri patogen. Rerata nilai hematologi terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5.6. Rerata Nilai Parameter Hematologi Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Parameter Hematologi			
	Hemoglobin (g/dL)	Hematokrit (%)	Total Eritrosit ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	Total Leukosit ($\times 10^4/\text{mm}^3$)
a. Faktor Dosis Bakteri Kandidat Probiotik				
A (0,0%)	6,21±1,37 ^a	11,85±4,04 ^a	1,45±0,66 ^a	10,38±1,24 ^a
B (0,5%)	7,06±0,85 ^c	12,63±3,32 ^a	1,57±0,53 ^c	12,13±1,98 ^b
C (1,0%)	7,43±0,77 ^d	13,88±3,41 ^b	1,63±0,49 ^d	13,20±2,68 ^c
D (2,0%)	6,61±1,22 ^b	12,56±3,65 ^a	1,52±0,53 ^b	11,91±2,10 ^b
b. Faktor Bakteri Patogen				
1 (<i>A. hydrophila</i> AH-1)	6,93±1,02 ^b	12,74±3,58 ^a	1,55±0,55 ^b	12,03±2,27 ^b
2 (<i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	6,64±1,36 ^a	12,44±3,76 ^a	1,50±0,59 ^a	11,90±2,35 ^{ab}
3 (<i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	6,91±1,09 ^b	13,00±3,68 ^a	1,58±0,54 ^b	11,79±2,27 ^a

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($P > 0,05$)

Kadar hemoglobin dan hematokrit ikan kelabau selama pengamatan tertinggi terlihat pada perlakuan dosis 1,0% bakteri *S. edaphicus*. Selama pengamatan terjadi fluktuasi, dimana kadar hemoglobin dan hematokrit ikan turun pada hari ke-35 dan naik kembali pada hari ke-37. Penurunan yang terjadi disebabkan adanya infeksi dari bakteri patogen (Anderson dan Siwicki, 1995).

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa rerata total eritrosit terendah terjadi pada perlakuan dosis 0,0% bakteri *S. edaphicus*, sedangkan total eritrosit tertinggi terjadi pada dosis 1,0%. Dilihat dari jenis patogen, perlakuan ineksi oleh bakteri *A. hydrophila* AH-1+*Pseudomonas* sp. PS-1 menyebabkan rerata total eritrosit ikan kelabau lebih rendah dibanding injeksi dengan bakteri tunggal. Rata-rata total eritrosit pada hari ke-33 mengalami penurunan, hal ini mengindikasikan bahwa ikan mengalami anemia akibat infeksi patogen. Total eritrosit meningkat kembali pada hari ke-37.

Dosis bakteri *S. edaphicus* juga mempengaruhi jumlah leukosit pada ikan kelabau. Jumlah leukosit tertinggi terjadi pada perlakuan 1,0% sebesar $13,20 \times 10^4$ sel/mm³ dan terendah pada perlakuan 0,0% sebesar

10,38x10⁴ sel/mm³. Jumlah leukosit mengalami penurunan pada akhir pengamatan yang menunjukkan bahwa ikan kelabau sudah mulai pulih. Infeksi patogen menyebabkan leukosit meningkat saat awal ujiantang, hal ini dikarenakan sel leukosit berperan sebagai respon sistem imunitas ikan yang hadir muncul saat ikan terserang penyakit. Hal ini sesuai dengan pendapat Mehana *et al.* (2015).

Parameter Respon Imunitas

Rata-rata jumlah limfosit dan monosit ikan kelabau pada uji dosis bakteri kandidat probiotik terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5.7. Rerata Nilai Parameter Respon Imunitas Limfosit, dan Monosit Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Parameter Respon Imunitas	
	Limfosit (%)	Monosit (%)
a. Faktor Dosis Bakteri Kandidat Probiotik		
A (0,0%)	66,02±10,75 ^b	22,52±7,27 ^a
B (0,5%)	63,72±11,97 ^a	23,94±8,88 ^{ab}
C (1,0%)	64,34±11,41 ^{ab}	22,95±7,55 ^{ab}
D (2,0%)	63,49±12,24 ^a	24,47±7,73 ^b
b. Faktor Bakteri Patogen		
1 (<i>A. hydrophila</i> AH-1)	65,00±11,08 ^a	23,12±7,57 ^a
2 (<i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	63,56±11,92 ^a	24,19±7,90 ^a
3 (<i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	64,62±11,79 ^a	23,10±8,18 ^a

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($P > 0,05$)

Kadar limfosit tertinggi terjadi pada ikan yang diberi dosis bakteri *S. Edaphicus* sebesar 0,0%, sedangkan pada dosis yang lebih tinggi ikan mengalami penurunan jumlah limfosit. Menurut Rukyani *et al.* (1997), penurunan jumlah limfosit disebabkan karena peningkatan kebutuhan tubuh ikan akan sel darah putih. Berbanding terbalik dengan limfosit, jumlah monosit mengalami peningkatan setelah pemberian bakteri *S. edaphicus* pada ikan kelabau. Jumlahnya lebih tinggi dibanding tanpa pemberian bakteri kandidat probiotik tersebut. Monosit ikan berperan sebagai sel fagositik yang meningkat saat terjadi peningkatan intensitas infeksi oleh patogen, setelah itu limfosit akan distimulasi lebih lanjut dalam pembentukan antibodi.

Rerata jumlah neutrofil dan fagositik, dan pelekatan NBT ikan kelabau pada uji dosis bakteri kandidat probiotik terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5.8. Rerata Nilai Parameter Respon Imunitas Neutrofil, Fagositik dan Pelekatan NBT Ikan Kelabau pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Perlakuan	Parameter Respon Imunitas		
	Neutrofil (%)	Fagositik (%)	Pelekatan NBT (sel)
a. Faktor Dosis Bakteri Kandidat Probiotik			
A (0,0%)	11,46±4,90 ^a	19,00±10,81 ^a	48,61±23,83 ^a
B (0,5%)	12,35±4,47 ^a	41,69±23,03 ^c	84,20±38,75 ^c
C (1,0%)	12,71±5,08 ^a	45,28±28,19 ^d	103,80±57,24 ^d
D (2,0%)	12,03±5,76 ^a	35,17±18,09 ^b	74,15±28,99 ^b
b. Faktor Bakteri Patogen			
1 (<i>A. hydrophila</i> AH-1)	11,88±4,97 ^a	34,24±21,95 ^a	78,35±41,58 ^b
2 (<i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	12,25±5,13 ^a	34,49±23,31 ^a	70,53±34,90 ^a
3 (<i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	12,28±5,13 ^a	37,13±24,50 ^b	84,19±52,72 ^c
c. Interaksi antar Faktor			
A1 (0,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	24,12±7,53 ^{ab}	18,67±8,92 ^{ab}	50,83±3,31 ^a
A2 (0,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	21,98±6,56 ^{ab}	16,00±7,54 ^a	47,67±3,52 ^a
A3 (0,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	21,45±7,79 ^a	22,33±14,37 ^b	47,33±4,50 ^a
B1 (0,5% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	22,56±8,66 ^{ab}	38,94±22,38 ^{de}	91,33±8,23 ^{cd}
B2 (0,5% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	25,10±7,47 ^b	43,17±23,79 ^f	71,83±6,82 ^b
B3 (0,5% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	24,16±10,56 ^{ab}	42,94±23,97 ^{ef}	88,94±4,63 ^{cd}
C1 (1,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	22,32±7,02 ^{ab}	44,22±26,49 ^{fg}	97,78±5,55 ^d
C2 (1,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	24,52±8,49 ^{ab}	44,11±27,77 ^{fg}	91,50±5,85 ^{cd}
C3 (1,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	22,02±7,25 ^{ab}	47,50±31,57 ^g	122,11±9,50 ^e
D1 (2,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1)	23,49±7,47 ^{ab}	35,11±18,53 ^{cd}	72,94±3,65 ^b
D2 (2,0% + <i>A. hydrophila</i> AH-1 + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	25,14±9,07 ^b	34,67±18,31 ^c	71,11±3,53 ^b
D3 (2,0% + <i>Pseudomonas</i> sp. PS-1)	24,79±6,80 ^{ab}	35,72±18,48 ^{cd}	78,39±6,94 ^{bc}

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($P>0,05$)

Bakteri patogen yang diinfeksi pada ikan kelabau mempengaruhi kadar neutrofil di dalam darah ikan. Infeksi patogen menyebabkan jumlah neutrofil meningkat sebagai bentuk pertahanan dari ikan dalam melawan infeksi. Pemberian bakteri *S. edaphicus* pada dosis tertinggi yaitu 2,0% dan diinfeksi gabungan bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1 menunjukkan kadar neutrofil tertinggi yaitu 25,14%, rerata kadar neutrofil terendah ditunjukkan oleh perlakuan pemberian bakteri *S. edaphicus* dosis 0,0% dan diinfeksi dengan bakteri *Pseudomonas* sp.

Neutrofil termasuk salah satu pertahanan pertama ketika terjadi infeksi patogen. Sel ini melakukan fagositosis terhadap patogen di dalam tubuh. Menurut Kordon *et al.* (2018), proses fagositosis meliputi tahap kemotaksis, tahap pelekatan, tahap penelanan dan tahap pencernaan, sebagai respon selular yang dilakukan oleh sel monosit dan neutrofil.

Aktivitas fagositik ikan kelabau mengalami peningkatan setelah pemberian bakteri *S. edaphicus*. Aktivitas tertinggi terjadi pada ikan dengan perlakuan dosis 1,0% yaitu setelah ujiantang sampai hari ke-35 lalu menurun pada hari ke-37. Sedangkan pada perlakuan dosis 0,0% menunjukkan peningkatan sampai hari ke-37.

Persentase pelekatan NBT atau sel neutrofil mengalami fluktuasi pada semua perlakuan. Secara umum pemberian bakteri *S. edaphicus* dengan dosis 0,5%, 1,0% dan 2,0% menyebabkan nilai pelekatan NBT lebih tinggi dibanding perlakuan tanpa bakteri kandidat probiotik (0,0%). Persentase pelekatan NBT tertinggi terjadi pada perlakuan dosis 1% dan infeksi oleh bakteri *Pseudomonas* sp. PS-1. Faktor dosis dan jenis bakteri patogen dapat menstimulasi terjadinya proses produksi radikal bebas dikenal juga dengan istilah ledakan respirasi melalui proses fagosit oleh sel leukosit terutama monosit dan neutrofil. Proses oksidasi ini menghasilkan senyawa yang bersifat antibakterial dalam menghadapi infeksi patogen pada ikan (Wulandari, 2017). Oksigen bebas mampu meningkatkan permeabilitas sel bakteri patogen sehingga substansi dan cairan masuk ke dalam sel bakteri dan terjadilah plasmolisis.

Parameter Kualitas Air

Kualitas air saat uji dosis ini masih berada pada kisaran normal, seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5.9. Kisaran Nilai Parameter Kualitas Air pada Uji Dosis Bakteri Kandidat Probiotik

Parameter	Pengamatan Hari Ke-				Baku Mutu *)
	0	10	25	37	
Suhu (°C)	27,7- 28,8	27,2- 28,5	26,2- 27,9	28,3- 29,1	Deviasi 3
pH	6,52- 6,58	6,32- 6,43	6,54- 6,77	6,54- 6,60	6,00- 9,00
Oksigen Terlarut (mg/L)	5,44- 5,52	5,32- 5,40	5,27- 5,37	5,56- 5,63	4,00
Total Amoniak (mg/L)	0,020- 0,023	0,024- 0,026	0,025- 0,028	0,023- 0,027	-

Keterangan: *) Baku mutu air sungai kelas II untuk budidaya ikan air tawar Perda Kaltim No. 02 tahun 2011

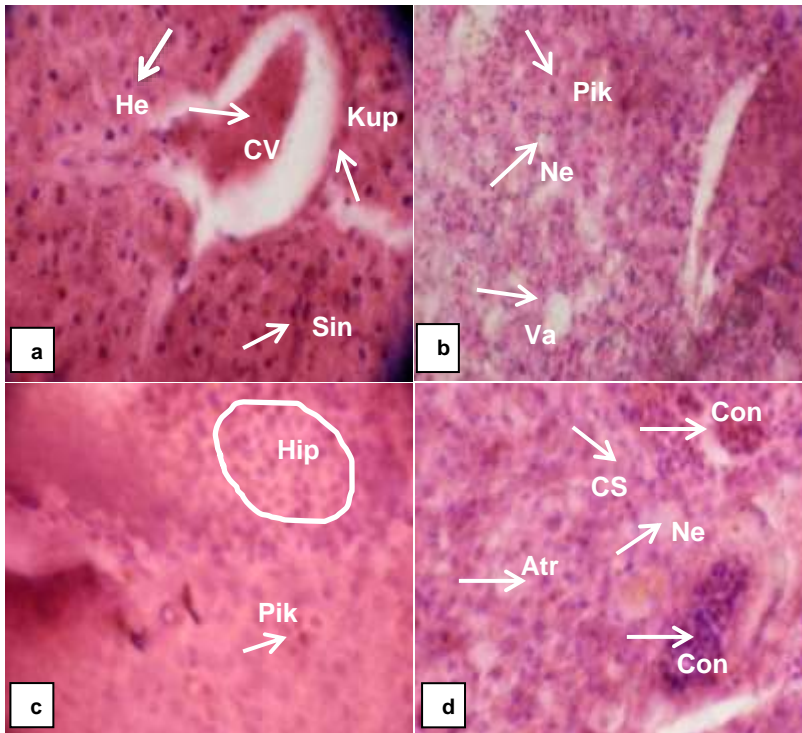
Kondisi lingkungan yang normal menunjukkan bahwa perubahan pada kondisi ikan kelabau selama uji ini seluruhnya adalah disebabkan oleh perlakuan yang diberikan atau bukan dikarenakan oleh stres lingkungan.

Analisis Histopatologi

Ikan kelabau yang terinfeksi bakteri patogen dalam uji dosis ini mengalami beberapa perubahan pada jaringan hati dan usus. Beberapa kerusakan yang terjadi pada hati ikan kelabau adalah *vakuolisasi sel*, *kongesti pembuluh darah*, sel *nekrosis dan lisis*, *piknotik* pada inti sel, dan *inflamasi* atau peradangan. Perubahan pada usus terjadi *proliferasi sel epitel*, *vakuolisasi sel*, *epitel swelling*, *nekrosis sel*, dan *melanomakrofage*.

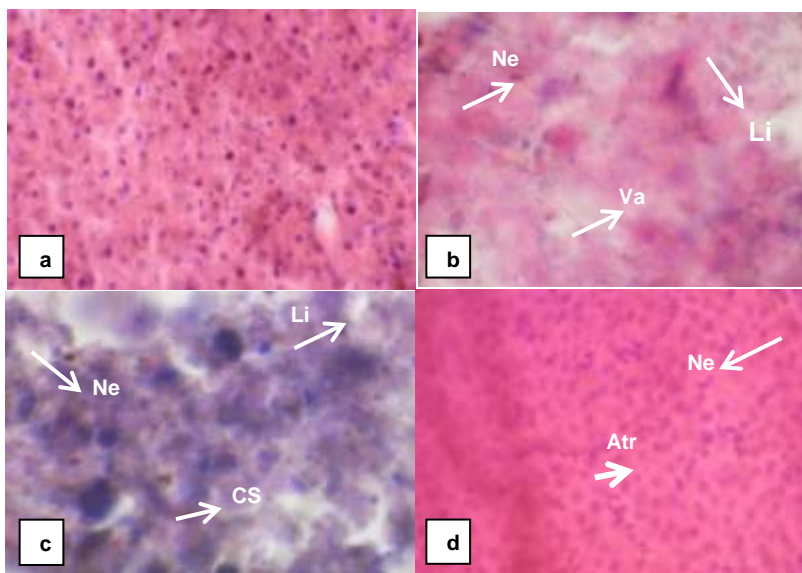
Menurut Kalaiyarasi *et al.* (2017), *vakuolisasi* sel ditunjukkan dengan adanya ruang kosong pada sitoplasma akibat degenerasi lemak pada jaringan hati sehingga sel tidak berfungsi normal. Nekrosis adalah kematian sel. Kongesti yaitu keadaan meningkatnya volume darah dalam pembuluh darah yang melebar pada suatu bagian tubuh, baik akibat trauma fisik karena parasit maupun gangguan sistem peredaran darah (Hadi dan Alwan, 2012).

Gambaran Jaringan Hati Ikan Kelabau pada Uji Aplikasi Dosis Bakteri *S. edaphicus*.



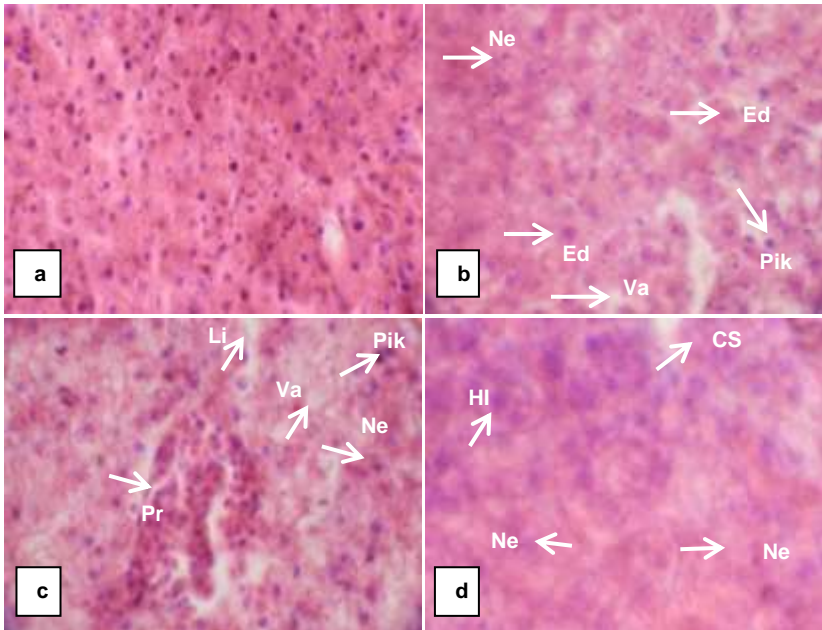
Keterangan: (a). Hati normal, sel hepatosit (He), center vein (CV), sel sinusoid (Sin), sel Kupffer (Kup). (b). Perlakuan A1, Vakuolisasi sel (Va), nekrosis sel (Ne), piknotik pada inti (Pik). (c). Perlakuan A2, piknotik pada inti (Pik), hyperplasia sel darah (Hip). (d). Perlakuan A3, congesti pada pembuluh darah sinusoid (Con), atrofi inti sel (Atr), cloudy swelling (CS), nekrosis inti sel (Ne). Pembesaran 1.000x.

Gambar 5.8. Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,0% bakteri *S. edaphicus*



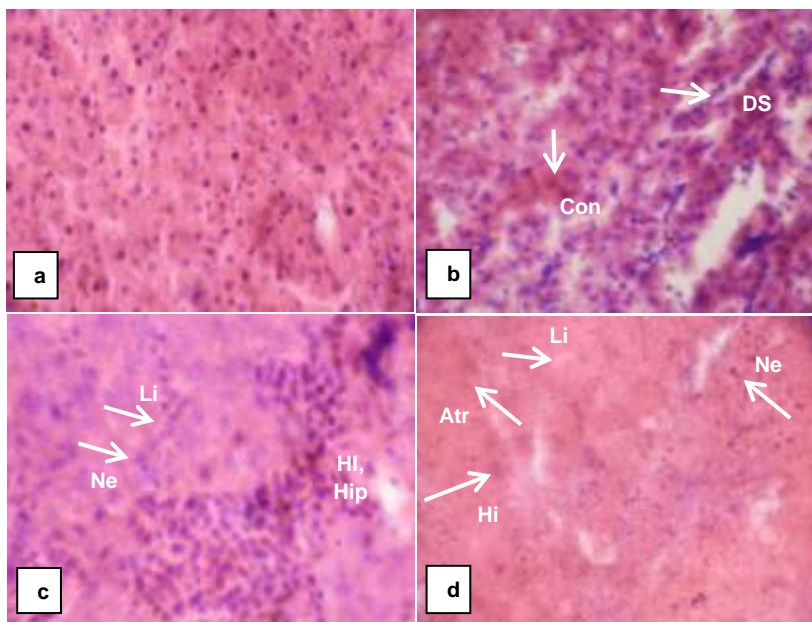
Keterangan: (a). Hati normal, pembesaran 1.000x. (b). Perlakuan B1, sel nekrosis (Ne), lisis (Li) dan terbentuk vakuola (Va), pembesaran 1.000x diperbesar lagi 10x. (c). Perlakuan B2, sel mengalami nekrosis (Ne), lisis (Li), fusi dan cloudy swelling (CS), pembesaran 1.000x diperbesar lagi 10x. (d). Perlakuan B3, sel mengalami nekrosis (Ne) dan atropi (Atr), pembesaran 1.000x.

Gambar 5.9. Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,5% bakteri *S. edaphicus*



Keterangan: (a). Hati normal. (b). Perlakuan C1, sel mengalami edema (Ed), piknotik pada inti (Pik), terbentuk vakuola (Va), nekrosis (Ne), dan fusi dua sel. (c). Perlakuan C2, sel nekrosis (Ne), lisis (Li), vakuola (Va), proliferasi (Pr), piknotik pada inti (Pik). (d). Perlakuan C3, terdapat hipertropi pada inti sel (HI), cloudy swelling (CS), fusi sel, lisis (Li) dan nekrosis (Ne). Pembesaran 1.000x.

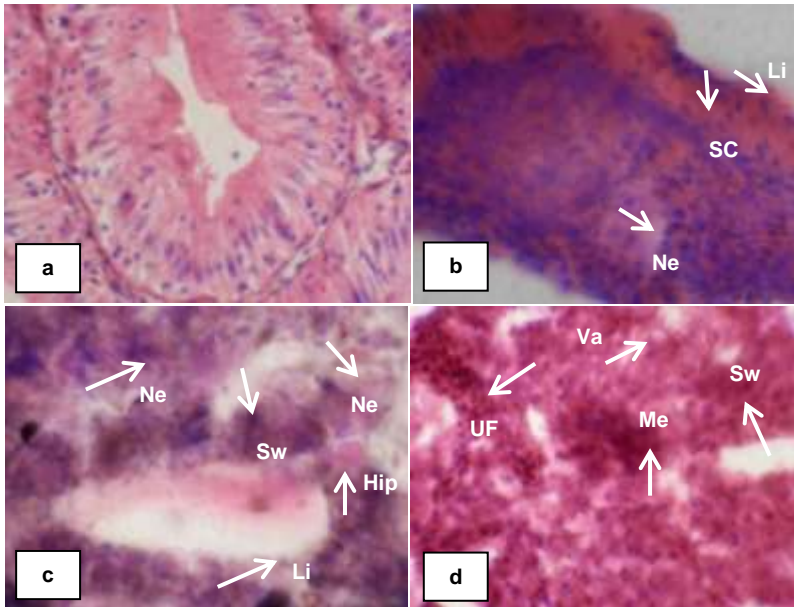
Gambar 5.10. Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 1,0% bakteri *S. edaphicus*



Keterangan: (a). Hati normal. (b). Perlakuan D1, sel mengalami nekrosis (Ne), lisis (Li), fusi, atropi (Atr), congesti (Con) dan bile stagnan, sinusoid menjadi lebar atau diluted sinusoid (DS). (c). Perlakuan D2, terdapat lesi, inti sel mengalami hipertropi (HI), sel hiperplasia (Hip), sel lisis (Li) dan nekrosis (Ne). (d). Perlakuan D3, Sel nekrosis (Ne), lisis (Li), atropi (Atr) dan hyperplasia (Hip). Pembesaran 1.000x.

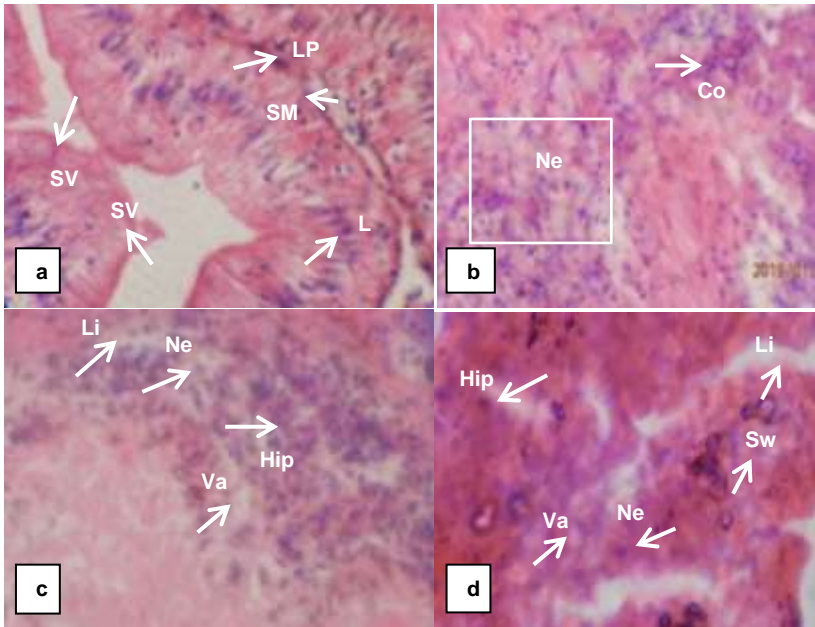
Gambar 5.11. Hati ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 2,0% bakteri *S. edaphicus*

Gambaran Jaringan Usus Ikan kelabau pada Uji Aplikasi Dosis bakteri *S. edaphicus*.



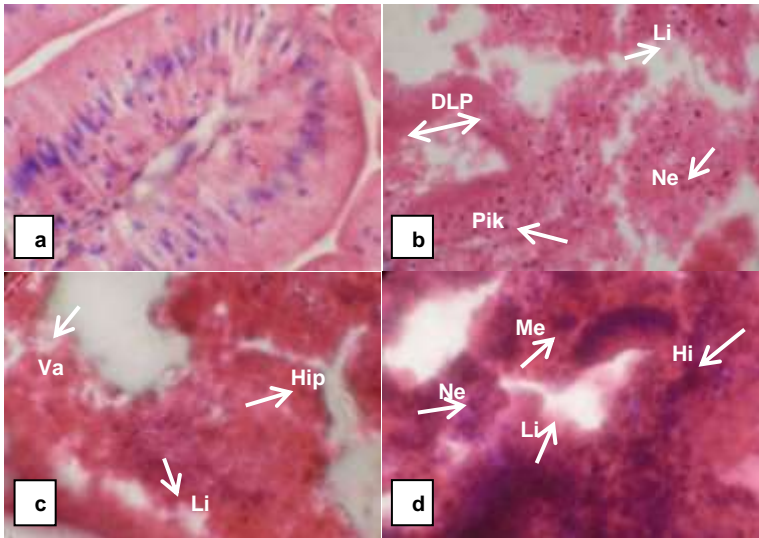
Keterangan: (a). Usus normal, pembesaran 1.000x. (b). Perlakuan B1, sel nekrosis (Ne) dan lisis (Li), stratum compactum masih terlihat jelas (SC), pembesaran 1.000x. (c). Perlakuan B2, sel epitel mengalami nekrosis (Ne) dan lisis (Li), sel mukosa mengalami nekrosis (Ne), swelling (Sw) dan hyperplasia (Hip), pembesaran 1.000x diperbesar 10x. (d). Perlakuan B3, sel usus mengalami furunculosis (UF), melanomakrofage (Me), epitel swelling (Sw) dan vakuola (Va), pembesaran 1.000x.

Gambar 5.12. Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 0,5% bakteri *S. edaphicus*



Keterangan: (a). Usus normal, terlihat lumen, sel epitel (L), lamina propria (LP), sel mukosa (SM) dan vakuola supranuclear (SV), pembesaran 1.000x. (b). Perlakuan C1, sel-sel mukosa mengalami nekrosis (Ne), sel epitel hyperplasia (Hip), lisis (Li), dan congesti (Con), pembesaran 1.000x. (c). Perlakuan C2, sel epitel mengalami hyperplasia (Hip), nekrosis (Ne), lisis (Li), vakuola (Va) dan lumen terisi sel-sel basophilic, pembesaran 1.000x. (d). Perlakuan C3, sel-sel basophilic mengalami swelling (Sw) dan terlihat sel-sel mukosa meningkat, hyperplasia (Hip), sel nekrosis (Ne), lisis (Li) dan vakuola (Va), pembesaran 1.000x diperbesar 10x.

Gambar 5.13. Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 1,0% bakteri *S. edaphicus*



Keterangan: (a). Usus normal. (b). Perlakuan D1, terjadi disintegrasi lamina propria (DLP) dan piknotik pada inti (Pik), lisis (Li), dan sel nekrosis (Ne). (c). Perlakuan D2, Vakuolisasi pada sel epitel (Va), hyperplasia pada sel mukosa (Hip) dan lisis (Li). (d). Perlakuan D3, kerusakan pada sel epitel, nekrosis (Ne), lisis (Li), hipertropi (Hi) dan melanomakrofage (Me). Pembesaran 1000x.

Gambar 5.14. Usus ikan kelabau yang diberi perlakuan dosis 2,0% bakteri *S. edaphicus*

Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* dikenal sebagai bercak merah disertai keberadaan bakteri *Pseudomonas* sp. merupakan masalah penting yang dihadapi pembudidaya ikan. Pengendalian infeksi bakteri ini sangat perlu dilakukan mengingat semakin berkembangnya kegiatan budidaya ikan.

Pemanfaatan bakteri menguntungkan yang berasal dari saluran pencernaan ikan kelabau sebagai probiotik dapat menjadi alternatif aman untuk mengurangi penggunaan antibiotik dan obat-obatan kimia dalam kegiatan budidaya.

Usus ikan kelabau mengandung bakteri yang berpotensi sebagai probiotik, dimana 4 isolat dari 19 bakteri yang berhasil diisolasi dari usus ikan kelabau bersifat antibakterial terhadap bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1. Empat isolat ini (*B. albus* MT269535 (BPs1), *S. edaphicus* MT269536 (BPs2), *B. paramycoides* MT269537 (BP3) dan *B. albus* MT269538 (BeP1).) terbukti aman diaplikasikan pada ikan mas.

Salah satu jenis bakteri yang potensial sebagai probiotik adalah bakteri *S. edaphicus*, dimana mampu meningkatkan komponen imunitas ikan kelabau setelah diuji tantang dengan bakteri *A. hydrophila* AH-1 dan *Pseudomonas* sp. PS-1. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri ini dapat dijadikan sebagai kandidat probiotik dalam mengatasi penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen. Dosis terbaik bakteri *S. edaphicus* sebagai probiotik adalah sebesar 1,0% dengan konsentrasi 10^{10} CFU/mL/g pakan.

Penulis dapat memberikan beberapa saran setelah menemukan kandidat probiotik dari usus ikan kelabau. Pertama, agar penggunaan probiotik dapat dioptimalkan sebagai cara yang lebih aman dalam mengatasi penyakit bercak merah pada ikan. Salah satu sumber probiotik adalah ikan kelabau, dimana mengandung bakteri *S. edaphicus* yang mampu menjadi imunostimulan pada ikan. Kedua, disarankan untuk mengaplikasikan probiotik ini pada benih ikan sebelum ditebarkan di keramba. Ketiga, untuk para akademisi dapat melakukan pengujian lebih lanjut terkait komponen seluler dari bakteri *S. edaphicus* pada ikan sebagai probiotik, serta melakukan pengujian lainnya yang berhubungan dengan efektivitas penggunaan probiotik ini, yang mana belum dilakukan pada penelitian kali ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., Evi, L., Zafran, J., dan Hendi. 2015. Penyakit Ikan. Cibubur: Penebar Swadaya.
- Agustina, S.B. Prayitno, A. Sabdono and G. Saptiani. 2018. Antagonistic Activity of Kelabau Fish (*Osteochilus melanopleurus*) Gut Bacteria against *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas* sp. AACL Bioflux 11 (6): 1859-1868.
- Agustina, S.B. Prayitno, A. Sabdono and G. Saptiani. 2019. Pathogenicity Assay of Probiotic-Potential Bacteria from The Kelabau Fish (*Osteochilus melanopleurus*). AACL Bioflux 6(5): 1994-2003.
- Agustina. 2007. Penapisan Bakteri Probiotik untuk Pengendalian Infeksi *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Lele Dumbo *Clarias* sp. Jurnal Aquacultura Indonesiana 8(3): 135-143.
- Aly S. M., M. F. Mohamed and G John. 2008. Effect of Probiotics on The Survival, Growth and Challenge Infection in Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). Aquac. Res. 39: 647-656.
- Anderson, D.P. and A.K. Siwicki. 1995. Basic Haematology and Serology for Fish Health Programs. In: Diseases in Asian Aquaculture II. Edit. Shariff, M., J.R. Arthur, R.P. Subangsinghe. Fish Health Section Asian Fisheries Society.182-202.
- Aryati, Y., Hessa, N., Septyan, A. dan Lila, G. 2015. Probiotik Pengendali Penyakit Melalui Pakan. Dalam Bunga Rampai PERAN PROBIOTIK PADA BUDI DAYA IKAN AIR TAWAR, 59-64. Bogor: IPB Press.

- Asiah, N., Junianto, Ayi, Y. dan Sukendi. 2018. Morfometrik dan Meristik Ikan Kelabau (*Osteochilus melanopleurus*) dari Sungai Kampar, Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 23(1): 47-56.
- Asiah, N., Sukendi, Junianto, A. Yustiati, dan Windarti. 2019. Truss Morfometrik dan Karakter Meristik Ikan Kelabau (*Osteochilus melanopleurus* Bleker, 1852) dari tiga populasi di Sungai Kampar, Sungai Siak, dan Sungai Rokan, Provinsi Riau. *Jurnal Ikhtiologi Indonesia* 19(2): 283-295.
- Bhatnagar, A. and R. Lamba. 2015. Antimicrobial Ability and Growth Promoting Effects of Feed Supplemented with Probiotic Bacterium Isolated from Gut Microflora of *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Intergrative Agriculture* 14 (3): 583-592.
- Chi, C., B. Jiang, X-B.Yu, T-Q.Liu and G-X.Weng. 2014. Effect of Three Strains of Intestinal Autochthonous Bacteria and Their Extracellular Products on The Immune Response and Disease Resistance of Common Carp, *Cyprinus carpio*. *Fish & Shellfish Immunology* 36: 9-18.
- Davis, W.W. and T.R. Stout. 1971. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Appl. Microbiol.* 22 (4): 659-665.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Febrianti, D. 2020. Warta Limnologi-MENGENAL SISTEM KEKEBALAN TUBUH BIOTA AKUATIK: STUDI KASUS PADA IKAN TELEOSTEI. Bogor: Puslit Limnologi-LIPI.

- Feliatra. 2018. *Probiotic: suatu tinjauan keilmuan baru bagi pakan budi daya perikanan*. Jakarta: Kencana.
- Gatesoupe, F.J. 1999. The Use of Probiotics in Aquaculture. Review. *Aquaculture* 147-165.
- Hadi, A.A. and S.F. Alwan. 2012. Histopathological Changes in Gills, Liver and Kidney of Freshwater Fish, *Tilapia zillii*, Exposed to Aluminium. *Int. J. of Pharm. & Life Sci.* 3(11): 2071-2081.
- Hardi, E.H., Catur, A.P. dan Gina, S. 2014. Toksisitas Produk Ekstraseluler dan Intraseluler Bakteri *Pseudomonas* sp. pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Veteriner* 15 (3): 312-322.
- Holt J. G., N. R. Krieg, P. H. A. Sneath, J. T. Stanley, and S. T. William. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. (ed), William Wilkins, Baltimore.
- Hoole, D., D. Bucke, P. Burgess and I. Wellby. 2001. *Diseases of Carp and Other Cyprinids Fishes*. Fishing News Books. Blackwell Science Ltd. UK. 264 p.
- Ibrahim, M.D., M.M. Mostafa, R.M.H. Arab, and M.A. Rezk. 2008. Prevalence of *Aeromonas hydrophila* Infection in Wild and Cultured *Tilapia Nilotica* (*O. niloticus*) in Egypt. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 1257-1271. Inc. London, 56 pp.
- Ingerslev, H.C., L.V.G. Jorgensen, M.L. Strube, N. Larsen, I. Dalsgaard, M. Boye, and L. Madsen. 2014. The Development of the Gut Microbiota in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) is Affected by First Feeding and Diet Type. *Aquaculture* 424-425:24-34.
- Irianto, A. 2003. *Probiotik Akuakultur*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 125 hlm.

- Iwashita, M.K.P., I.B. Nakandakare, J.S. Terhune and T, Wood. 2015. Dietary Supplementation with *Bacillus Subtilis*, *Saccharomyces*, and *Aspergillus Oryzae*, Enhance Immunity and Disease Resistance Against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus inae* Infection in Juvenile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish & Shellfish Immunology* 43: 60-66.
- Kalaiyarasi, T., N. Jayakumar, P. Jawahar, B. Ahilan and A. Subburaj. 2017. Histological Changes in the Gill and Liver of Marine Spotted Catfish, *Arius maculatus* from Sewage Disposal Site, Therespuram off Thothupudi Southeast Coast of India. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(5): 1710-17 15.
- Khatun, H., M.D. Hossain, S.N. Jahan and D.A. Khanom. 2011. Bacterial Infestation in Different Fish at Rajshahi. *J. Sci. Foundation* 9 (1&2): 77-84.
- Kordon, A.O., A. Karsi and L. Pinchuk. 2018. Innate Responses in Fish: Antigen Presenting Cells and Professional Phagocytes. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 18: 1123-1139.
- Kottelat, M., J.A. Whitten, S.N. Kartikasari, dan S. Wirjoatmodjo. 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi. Periplus Edition (HK) Ltd. Hongkong. 377 p.
- Kumar, M.P. and K.S. Ramulu. 2013. Presumptive and Definitive Identification of *Aeromonas* from Infected Ornamental Gold Fish (*Carassius auratus auratus*). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 1(3): 43-46.
- Lazado, C.C., C. M. A. Caipang and E. G. Estante. 2015. Prospects of Host-Associated Microorganisms in Fish and Penaeids as Probiotics with

Immunomodulatory Functions. Review. Fish & Shellfish Immunology 45: 2-Lee *et al.*, 2015

- Lee, C.S., C. Lim, D.M. Gatlin III, and C.D. Webster. 2015. Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health. Wiley Blackwell. John Wiley & Sons Inc., New Jersey. 355 p.
- Li, C, R. Wang, B. Su, Y. Luo, J. Terhune, B. Beck and E. Peatman. 2013. Evasion of Mucosal Defenses During *Aeromonas hydrophila* Infection of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Skin. Dev. Comp. Immunol. 39: 447-455.
- Manoppo, H. 1995. *Parasit dan Penyakit Ikan*. Fakultas Perikanan, Unsrat: Manado.
- Manshadi, G. and R. Assareh. 2014. Bacterial Study of Fin Rot in Brown Trout by API20E. *Pakistan Journal of Biological Science* 17 (3): 434-438.
- Mardani. 2014. Pengaruh Sumber Makanan yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Ikan Kelabau Padi (*Osteochilus melanopleurus*) yang dipelihara dalam hapa di kolam. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika* 3: 22-26.
- Mayer, G. 2007. Medical Microbiology and Immunology. Univ. of South Carolina School of Medicine. 3^{ed}. Microbiology and Immunology on-line Texbook.
- Mehana, E.E., A.H. Rahmani, and S.M. Aly. 2015. Immunostimulants and Fish Culture: An Overview. *Annual Research & Review in Biology* 5(5): 477-489.
- Merrifield, D. and E. Ringo. 2014. Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotic and Prebiotic. Wiley-Blackwell. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, UK. 465 p.
- Mourino J. L. P., G.V. Pereira, F.N. Vieira, A.B. Jatoba, T.T. Ushizima, B.C. Silva, W.Q. Seiffert, G.F.A. Jesus and

- M.L. Martins. 2016. Isolation of Probiotic Bacteria from the Hybrid South American Catfish *Pseudoplatystoma reticulatum* × *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae): A haematological approach. *Aquaculture Reports* 3: 166–171.
- Moyle, P.B. and Jr.J.J. Cech. 2004. *Fishes. An Introduction to Ichthyology*. 5th ed. Prentice Hall Inc., USA.
- Muslikha, Sri, P., Siti, N.J., dan Hessa, N. 2016. Isolasi, Karakterisasi *Aeromonas hydrophila* dan Deteksi Gen Penyebab Penyakit Motile Aeromonas Septicemia (MAS) dengan 16S rRNA dan Aerolysin pada Ikan Lele (*Clarias* sp.). *Jurnal Biologi*. 5(4): 1-7.
- Nasution, S. dan Nuraini. 2004. *Ekologi dan Kebiasaan Makan Ikan Kelabau dari Sungai Kampar*. Laporan Penelitian Anda SPP/DPP Universitas Riau.
- Nayak, S.K. 2010. Probiotics and Immunity: A Fish Perspective. *Review. Fish & Shellfish immunology* 29: 2-14.
- Newaz-Fyzul, A., A.H., Al-Harabi and B. Austin. 2014. Development in the Use of Probiotics for Disease Control in Aquaculture. *Review. Aquaculture* 431: 1-11.
- Noga, E. J. 2010. *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*. Second Edition. Wiley-Blackwell. John Wiley & Sons, Inc. Iowa, USA. 519 p.
- Nur, I. 2019. *Penyakit Ikan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Plump, J. A. and L. A. Hanson. 2011. *Health Maintenance & Principal Microbial Diseases of Cultured Fish*. Third Edition. Wiley-Blackwell. Blackwell Publishing Ltd. Iowa, USA. 492 p.

- Prayitno, S.B., Sarwan and Sarjito. 2015. The Diversity of Gut Bacteria Associated with Milkfish (*Chanos chanos* Forksal) from Northern Coast of Central Java, Indonesia. *Procedia Environmental Science. Science Direct* 23: 375-384.
- Purwaningsih, U., Agustin, I., dan Angela, M.L. 2015. Patogenesis Ko-Infeksi Penyakit Fish Tuberculosis dan *Motile Aeromonas Septicemia* pada Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 10(1): 99-107.
- Rawls, J.F., M.A. Mohowald, R.E. Ley and J.I. Gordon. 2006. Reciprocal Gut Microbiota Transplants from Zebrafish and Mice to Germ-Free Recipient Reveal Host Habitat Selection. *Cell* 127: 423-433.
- Reveco, F.E., M. Overland, O. H. Romarheim, and L. T. Mydland. 2014. Intestinal Bacteria Community Structure Differs between Healthy and Inflamed Intestines in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 420-421: 262-269.
- Ringo, E., dan T.H. Birkbeck. 1999. Intestinal Microflora of Fish Larvae and Fry. *Aquaculture Research* 30: 73-93.
- Ringo, E., R. Myklebust, T. Mahyew and R. Olsen. 2007. Bacterial Translocation and Pathogenesis in the Digestive Tract of Larvae and Fry. *Aquaculture* 268(1-4): 251-254.
- Roberts, R.J. 2012. *Fish Pathology*. 4th ed. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons, Ltd., Publications. 597 p.
- Rukyani, A., E. Silvia, A. Sunarto dan Tauhid. 1997. Peningkatan Respon Kebal Non-spesifik pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias* sp.) dengan Pemberian

Imunostimulan (β -glucan). *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 3(1): 1-10.

Saanin, H. 1984. *Taksonomi and Kunci Identifikasi Ikan 1. Cetakan kedua*. Penerbit Bina Cipta. 508 hlm.

Sahu, I., B.K. Das, N. Marhual, M. Samanta, B.K. Mishra and A.E. Eknath. 2011. Toxicity of Crude Extracellular Products of *Aeromonas hydrophila* on Rohu, *Labeo Rohita* (Ham.). *Indian J. Microbiol* 51(4): 515-520.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2004. <https://jdih.kemenkeu.go.id/fulltext/2004/31TAHU N2004UU.htm>. Diakses pada Desember 2021.

Verschuere, L., G. Rombaut, P. Sorgeloos and W. Verstraete. 2000. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64: 655-671.

Widanarni, Dinamella, W., Fiska, P. 2012. Aplikasi Bakteri Probiotik melalui Pakan Buatan untuk Meningkatkan Kinerja Pertumbuhan Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Sains Terapan*. 2 (1) : 19-29.

Wu, Z.Q., C. Jiang, F. Ling and G-X. Wang. 2015. Effect of Dietary Supplementation of Intestinal Autochthonous Bacteria on The Innate Immunity and Disease Resistance of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture* 438: 105-114.

Wulandari, R. 2017. Pengaruh Pemberian Probiotik Terhadap Aktivitas Letupan Respirasi Leukosit dalam Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Intek Akuakultur*. 1(1): 71-76.

GLOSARIUM

- Abses : Penumpukan cairan terutama nanah.
- Antibakterial : Substansi atau bahan yang dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan bakteri.
- Bakteri autochthonous : Bakteri yang seluruh siklus hidupnya pada suatu lingkungan tertentu atau bakteri asli.
- Dropsy : Akumulasi cairan dalam rongga perut ikan sehingga perut terlihat membesar (bengkak).
- Edema : Pembengkakan pada organ karena adanya penimbunan cairan di dalam jaringan.
- Epitel swelling : Pembengkakan pada bagian epitel.
- Fagositosis : Proses penelanan sel atau partikel oleh sel yang lain.
- Gasping : Pola renang ikan yang cenderung berada di permukaan air untuk mengambil udara.
- Gejala klinis : Pengindikasian keberadaan suatu penyakit atau gangguan kesehatan berupa tanda-tanda atau ciri tertentu.
- Hemoragik : Kondisi yang ditandai keluarnya darah dari dalam vaskula akibat dari kerusakan dinding vaskula.

- Hiperplasia : Peningkatan jumlah sel yang terjadi pada suatu organ akibat peningkatan proses mitosis.
- Imunostimulan : Substansi yang dapat meningkatkan fungsi dan aktivitas sistem imun.
- In vitro : Uji berupa kultur sel atau jaringan dilakukan di dalam laboratorium.
- In vivo : Uji dilakukan seluruhnya dalam tubuh makhluk hidup.
- Nekrosis : Kerusakan pada sel yang menyebabkan kematian sel tersebut.
- Patogenitas : Kemampuan patogen untuk menyebabkan penyakit.
- Patologi anatomi : Pemeriksaan terhadap kondisi visual (makroskopis) sampai mikroskopis (jaringan maupun sel) untuk mendiagnosis suatu penyakit.
- Piknotik : Kerusakan pada inti sel yang ditandai dengan larutnya kromosom dan kondensasi pada inti sel.
- Proliferasi sel : Fase sel mengalami pengulangan siklus, istilah ini sering digunakan pada hepatosit.
- Purulen : Jenis eksudat seluler berupa cairan patologis (nanah) yang kaya neutrofil polimorfonuklear karena infeksi bakteri atau infeksi lebih berat.

- Sel lisis : Pecah atau rusaknya integritas membran sel dan menyebabkan keluarnya organel sel.
- Tingkat kelangsungan hidup : Suatu nilai perbandingan antara jumlah organisme yang hidup di akhir pemeliharaan dengan jumlah organisme saat awal pemeliharaan, dinyatakan dalam bentuk persen.
- Ulcus : Luka terbuka pada suatu organ.
- Vakuolisasi sel : Pembentukan vacuola dalam sel.
- Virulensi : Ukuran kemampuan suatu mikroorganisme untuk menimbulkan penyakit.
- Whirling : Posisi berenang ikan berputar.

PROFIL PENULIS



Penulis dilahirkan di Muara Muntai Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur, pada tanggal 4 Agustus 1977.

Pendidikan sarjana ditempuh pada Program Studi Budidaya Perairan Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman sejak tahun 1995 dan lulus tahun 1999.

Pendidikan S2 diselesaikan di Program Studi Ilmu Perairan, Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor sejak tahun 2004 dan lulus tahun 2006 dengan beasiswa BPPS dari Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. Pada tahun 2015 penulis diterima di Program Doktor Manajemen Sumberdaya Pantai Universitas Diponegoro dengan beasiswa BPPDN dari Kemenristek Dikti Republik Indonesia, dan menyelesaikan studi doktor pada bulan Agustus tahun 2020.

*Penulis telah mengikuti Seminar Ilmiah International Conference on Tropical Studies and Its Application pada tanggal 26-27 Agustus 2019 di Samarinda, Kalimantan Timur dan telah menghasilkan artikel ilmiah berjudul Antagonistic activity of Kelabau fish (*Osteochilus melanopleurus*) gut bacteria against *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas* sp. yang diterbitkan pada Jurnal Ilmiah AACL Bioflux, Volume 11, 2018, Issue 6, serta Patogenicity assay of probiotic-potential bacteria from the Kelabau fish (*Osteochilus melanopleurus*) yang diterbitkan pada Jurnal Ilmiah AACL Bioflux, Volume 12, 2019, Issue 5.*

Mengikuti seminar internasional, The 8th International Conference on Fisheries and Aquaculture (ICFA), dan mendapatkan penghargaan Session's Best Presentation dengan presentasi

berjudul “Effects of Potential Probiotic Bacteria on The Immune Response and Disease Resistance of Kelabau Fish (Osteochilus melanopleurus) againts Pseudomonas sp. Infection” pada 19-20 Agustus 2021. Penulis juga menyampaikan presentasi pada seminar internasional International Conference of Aquaculture Indonesia (ICAI) pada 28-30 Oktober 2021 di Semarang, dengan judul “Isolation and Identification of Potential Lactic Acid Bacteria as probiotics from the intestines of Repang Fish (Puntiplites waandersi)”.

PROBIOTIK DARI USUS IKAN KELABAU:

Mengatasi Infeksi Bakteri Patogen Penyebab Penyakit Bercah Merah Pada Ikan

Serangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen menjadi masalah yang berhubungan dengan akuakultur. Ikan menjadi salah satu komoditas yang sangat rentan dengan adanya bakteri patogen penyebab penyakit yang seringkali meningkatkan angka kematian bila tidak dikendalikan dengan benar. Mikroba yang berasal dari usus ikan menjadi alternatif yang patut diperhitungkan peranannya dalam masalah ini. Selain berpotensi dalam melindungi kesehatan ikan, pemanfaatan bakteri usus ikan juga diyakini lebih aman dibandingkan antibiotik dan obat-obatan sintesis lainnya.

Monograf ini menyajikan bagaimana proses seleksi bakteri kandidat probiotik dilakukan dengan beberapa tahapan dan pengujian, hingga ditemukan kandidat bakteri usus ikan kelabau yang dapat meningkatkan respon imunitas ikan serta membantu pemulihan kondisi ikan terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* sebagai agen penyebab penyakit bercah merah dan bakteri *Pseudomonas* sp. Sebagai patogen yang banyak menginfeksi ikan. Selain itu, terdapat informasi dosis penggunaan yang efektif dalam melawan infeksi patogen tersebut.



Penerbit Yayasan Pendidikan Cendekia Muslim
Perum Gardena Maisa 2, C.12, Koto Baru, Kubung,
Sokoh Sumatra Barat – Indonesia 27361
Email: cendekiamuslimpress@gmail.com
Website: www.cendekiamuslim.com



Probiotik Dari Usus Ikan Kelabau: Mengatasi Infeksi Bakteri Patogen
Penyebab Penyakit Bercah Merah Pada Ikan.

AGUSTINA



PROBIOTIK DARI USUS IKAN KELABAU:

Mengatasi Infeksi Bakteri Patogen Penyebab Penyakit Bercah Merah Pada Ikan

AGUSTINA