

**PENGARUH SUPLEMENTASI TEPUNG *Spirulina platensis* TERHADAP
RESPON IMUN IKAN MAS KOKI (*Carassius auratus*) DALAM
MENCEGAH INFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila***

SKRIPSI

Oleh

**DWI SHINTA PATSYARLA AYUNDA
NPM 2114111010**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGARUH SUPLEMENTASI TEPUNG *Spirulina platensis* TERHADAP
RESPON IMUN IKAN MAS KOKI (*Carassius auratus*) DALAM
MENCEGAH INFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila***

Oleh

DWI SHINTA PATSYARLA AYUNDA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH SUPLEMENTASI TEPUNG *Spirulina platensis* TERHADAP RESPON IMUN IKAN MAS KOKI (*Carassius auratus*) DALAM MENCEGAH INFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila*

Oleh

DWI SHINTA PATSYARLA AYUNDA

Spirulina platensis merupakan alga multiseluler berwarna biru-hijau, mengandung lipopolisakarida, yang terdiri dari lipid A, polisakarida O (antigen), dan inti polisakarida. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi tepung *Spirulina platensis* dengan berbagai dosis dalam pencegahan penyakit yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas koki (*Carassius auratus*). Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan, yaitu P0: tepung *Spirulina* 0 g/kg pakan; P1: tepung *Spirulina* 25 g/kg pakan; P2: tepung *Spirulina* 30 g/kg pakan; P3: tepung *Spirulina* 35 g/kg pakan. Penelitian ini dilaksanakan selama 74 hari. Parameter yang diamati, yaitu kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, indeks fagositosis, dan tingkat kelangsungan hidup. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, hari ke-60, dilanjutkan dengan uji tantang menggunakan bakteri *A. hydrophila* (kepadatan 10^6 CFU/mL) secara ko-habitasi (perendaman) dengan dosis 1 mL/L air selama 14 hari, dan pengamatan dilakukan pada hari ke-74 pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi tepung *S. platensis* sebanyak 35g/kg pakan mampu meningkatkan kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, serta indeks fagositosis pada ikan mas koki. *S. platensis* memberikan kelangsungan hidup ikan mas koki yang mencapai 90,00%, dan terbukti efektif dalam mencegah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila* ditandai dengan gejala klinis yang ringan, serta memberikan persentase perlindungan relatif >50%. Kesimpulannya adalah pemberian suplementasi tepung *S. platensis* sebanyak 35 g/kg pakan mampu memberikan pengaruh dalam mencegah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila* pada ikan mas koki.

Kata kunci: *Aeromonas hydrophila*, *Carassius auratus*, Respon Imun, *Spirulina platensis*

ABSTRACT

THE EFFECT OF *Spirulina platensis* FLOUR SUPPLEMENTATION ON THE IMMUNE RESPONSE OF GOLDFISH (*Carassius auratus*) IN PREVENTING BACTERIAL INFECTION *Aeromonas hydrophila*

By

DWI SHINTA PATSYARLA AYUNDA

Spirulina platensis is a blue-green multicellular algae that contains lipopolysaccharides consisting of lipid A, polysaccharide O (antigen), and a polysaccharide core. This study aimed to evaluate the effect of *Spirulina platensis* flour supplementation at various doses in preventing disease caused by *Aeromonas hydrophila* bacteria in goldfish (*Carassius auratus*). The method used in this research was the Completely Randomized Design (CRD) method with 4 treatments and 3 replications, namely P0: *Spirulina* flour 0 g/kg feed; P1: *Spirulina* flour 25 g/kg feed; P2: *Spirulina* flour 30 g/kg feed; P3: *Spirulina* flour 35g /kg feed. The study was conducted over a period of 74 days. The parameters observed were hematocrit levels, total erythrocytes, total leukocytes, phagocytic activity, phagocytosis index, and survival. Observations were carried out on day 0, day 60, and continued with a challenge test using *A. hydrophila* bacteria (density 10^6 CFU/mL) by cohabitation (soaking) with a dose of 1 mL/L of water for 14 days, and observations were made on the 74th day of maintenance. The results showed that supplementation with *S. platensis* flour at a dose of 35g/kg feed was able to increase hematocrit levels, total erythrocytes, total leukocytes, phagocytic activity and phagocytosis index in goldfish with the highest increase. *S. platensis* provides goldfish survival of up to 90.00%, and has been proven effective in preventing diseases caused by *A. hydrophila* bacteria characterized by mild clinical symptoms, and provide a relative percent survival >50%. The conclusion is that supplementation with *S. platensis* flour of 35 g/kg feed can have an effect in preventing diseases caused by *A. hydrophila* bacteria in goldfish.

Keywords: *Aeromonas hydrophila*, *Carassius auratus*, Immune Response, *Spirulina platensis*

Judul skripsi

: PENGARUH SUPLEMENTASI TEPUNG

Spirulina platensis TERHADAP RESPON IMUN

IKAN MAS KOKI (*Carassius auratus*) DALAM

MENCEGAH INFEKSI BAKTERI *Aeromonas*

hydrophila

Nama Mahasiswa

: Dwi Shinta Patsyaria Ayunda

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114111005

Program Studi

: Budidaya Perairan

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

NIP. 196402151996032001

Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.

NIP. 198512232020121008

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

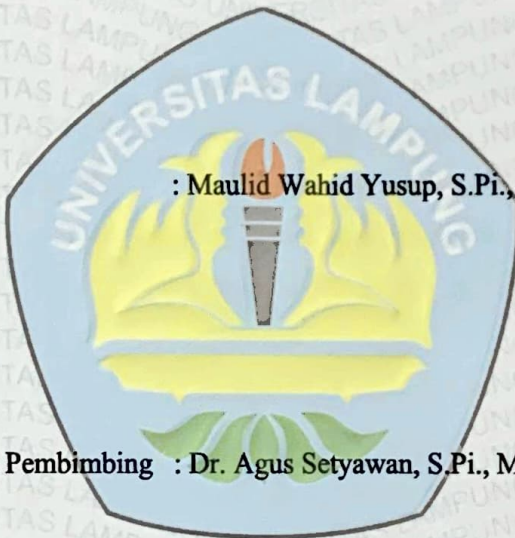
Ketua

: Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

Sekretaris

: Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.

Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 24 April 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMPUNG

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **“Pengaruh Suplementasi Tepung *Spirulina platensis* Terhadap Respon Imun Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*) Dalam Mencegah Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*”** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 17 Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Dwi Shinta Patsyarla Ayunda
NPM. 2114111010

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sukoharjo III, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, pada tanggal 4 Desember 2002 sebagai anak kedua dari pasangan suami istri Bapak Mugen Pribadi dan Ibu Eni Idamastuti. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Aisyiah Bustanul Atfal, Pringsewu, Lampung pada tahun 2008 - 2009, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SDN 4 Wates pada tahun 2009 - 2015, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Gadingrejo pada tahun 2015 - 2018, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2018 - 2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021. Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) sebagai anggota bidang Pengkaderan pada periode 2022 - 2023 dan menjabat sebagai Bendahara Umum HIMAPIK pada periode 2023 - 2024.

Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Kimia Dasar pada tahun 2022/2023, Ikhtiologi Ikan pada tahun 2022/2023 - 2023/2024, Biologi Organisme Akuakultur pada tahun 2023/2024, Hama dan Penyakit Ikan pada tahun 2023/2024, Teknologi Produksi Pakan Hidup pada tahun 2023/2024. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ojolali, Kecamatan Umpu Semenguk, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2024. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung selama 30 hari pada bulan Juli 2024.

Untuk orang tua tercinta, Ibu Eni Idamastuti dan Bapak Mugen Pribadi, yang tiada henti selalu mendoakan yang terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Pengaruh Suplementasi Tepung Spirulina platensis Terhadap Respon Imun Ikan Mas Koki (Carassius auratus) Dalam Mencegah Infeksi Bakteri Aeromonas hydrophila*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi. M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Penguji Utama;
6. Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua, Bapak Mugen Pribadi dan Ibu Eni Idamastuti, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, motivasi dan semangat serta kasih sayang yang tak pernah henti kepada penulis;
8. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) selaku lembaga yang membiayai penelitian.

Bandar Lampung, Juni 2025

Dwi Shinta Patsyarla Ayunda

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biologi Ikan Mas Koki (<i>Carassius auratus</i>).....	7
2.1.1 Klasifikasi.....	7
2.1.2 Morfologi.....	7
2.1.3 Habitat	8
2.2 <i>Spirulina platensis</i>	9
2.3 Sistem Imun Pada Ikan	10
2.4 Respons Imun.....	11
2.5 Biologi Bakteri <i>Aeromonas hydrophila</i>	12
2.5.1 Klasifikasi.....	12
2.5.2 Morfologi.....	13
2.5.3 Patogenitas Bakteri <i>Aeromonas hydrophila</i>	14
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.1.1 Waktu Penelitian	16
3.1.2 Tempat Penelitian.....	16
3.2 Bahan dan Alat.....	16
3.2.2 Alat	17
3.3 Rancangan Penelitian.....	19
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.4.1 Persiapan Wadah	20
3.4.2 Pembuatan Pakan Uji	20
3.4.3 Persiapan Hewan Uji	21
3.4.4 Pemeliharaan Ikan	21
3.4.5 Uji LD ₅₀	22
3.4.6 Uji Tantang.....	22
3.4.7 Pengambilan Sampel Darah	22
3.5 Parameter Penelitian	23
3.5.1 Kadar Hematokrit	23

3.5.2 Total Eritrosit.....	23
3.5.3 Total Leukosit.....	24
3.5.4 Aktivitas Fagositosis dan Indeks Fagositosis (AF dan IF).....	24
3.5.5 <i>Survival Rate</i> (SR).....	25
3.5.6 RPS (<i>Relative Percent Survival</i>)	25
3.5.7 Gejala Klinis	26
3.6 Analisis Data.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasi	27
4.1.1 Uji LD ₅₀	27
4.1.2 Kandungan Nutrisi.....	28
4.1.3 Kadar Hematokrit	29
4.1.4 Total Eritrosit.....	30
4.1.5 Total Leukosit.....	31
4.1.6 Aktivitas Fagositosis	32
4.1.7 Indeks Fagositosis	33
4.1.8 <i>Survival Rate</i>	34
4.1.9 <i>Relative Percent Survival</i> (RPS)	35
4.1.10 Gejala Klinis	36
4.2 Pembahasan.....	39
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan yang digunakan pada penelitian.....	16
2. Alat yang digunakan pada penelitian	17
3. Uji LD ₅₀	27
4. Kandungan nutrisi pakan uji	28
5. Kadar hematokrit pada waktu pemeliharaan (H0, H60, dan H74).....	29
6. Total eritrosit pada waktu pemeliharaan (H0, H60, dan H74).....	30
7. Total leukosit pada waktu pemeliharaan (H0, H60, dan H74).....	31
8. Aktivitas fagositosis pada waktu pemeliharaan (H0, H60, dan H74).....	32
9. Indeks fagositosis pada waktu pemeliharaan (H0, H60, dan H74).....	33
10. Gejala klinis	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	4
2. Morfologi ikan mas koki (<i>Carassius auratus</i>)	8
3. <i>Spirulina platensis</i>	9
4. <i>Aeromonas hydrophila</i> perbesaran 100x.....	13
5. Tata letak wadah penelitian.....	20
6. <i>Survival rate</i> ikan mas koki pada berbagai perlakuan	34
7. <i>Relative percent survival</i> ikan mas koki pada berbagai perlakuan	35
8. Gejala klinis ikan mas koki yang diinfeksi bakteri <i>A. hydrophila</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Uji normalitas kadar hematokrit (H0, H60, dan H74)	60
2. Uji homogenitas kadar hematokrit (H0, H60, dan H74).....	61
3. Uji sidik ragam anova kadar hematokrit (H0, H60, dan H74).....	62
4. Uji lanjut duncan kadar hematokrit (H60 dan H74).....	63
5. Uji normalitas total eritrosit (H0, H60, dan H74)	65
6. Uji homogenitas total eritrosit (H0, H60, dan H74).....	66
7. Uji sidik ragam anova total eritrosit (H0, H60, dan H74).....	67
8. Uji lanjut duncan total eritrosit (H60 dan H74)	68
9. Uji normalitas total leukosit (H0, H60, dan H74).....	70
10. Uji homogenitas total leukosit (H0, H60, dan H74)	71
11. Uji sidik ragam anova total leukosit (H0, H60, dan H74)	72
12. Uji lanjut duncan total leukosit (H60 dan H74).....	73
13. Uji normalitas aktivitas fagositosis (H0, H60, dan H74).....	75
14. Uji homogenitas aktivitas fagositosis (H0, H60, dan H74)	76
15. Uji sidik ragam anova aktivitas fagositosis (H0, H60, dan H74)	77
16. Uji lanjut duncan aktivitas fagositosis (H60 dan H74).....	78
17. Uji normalitas indeks fagositosis (H0, H60, dan H74).....	80
18. Uji homogenitas indeks fagositosis (H0, H60, dan H74)	81
19. Uji sidik ragam anova indeks fagositosis (H0, H60, dan H74).....	82
20. Uji lanjut duncan indeks fagositosis (H60 dan H74)	83
21. Uji normalitas <i>survival rate</i>	84
22. Uji homogenitas <i>survival rate</i>	85
23. Uji sidik ragam anova <i>survival rate</i>	85
24. Uji lanjut duncan <i>survival rate</i>	86

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ikan mas koki (*Carassius auratus*) merupakan salah satu ikan yang populer dan mempunyai nilai ekonomis yang sangat tinggi. Penampilannya yang cantik dengan warna dan corak yang beragam seperti merah, oranye, kuning, hijau, hitam hingga perak, serta gerakan-gerakan indah saat berenang menjadi daya tarik dari jenis ikan ini sehingga banyak diminati konsumen (Fazil et al., 2017). Menurut KKP (2022), produksi ikan mas koki pada tahun 2022 mencapai 66.306.807 ekor.

Produksi ikan mas koki dengan jumlah yang tinggi, menjadikan tantangan yang semakin besar bagi para pembudi daya. Salah satu tantangan yang dihadapi pembudi daya adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh virus, bakteri, maupun jamur selama pemeliharaan. Penyakit timbul akibat ketidak seimbangan antara inang, lingkungan, dan patogen, sehingga melemahkan sistem pertahanan tubuh dan membuat ikan mudah terserang penyakit (Hardi et al., 2011). Salah satu jenis penyakit yang menyerang ikan mas koki yaitu penyakit bakterial yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila*. Hasil penelitian yang dilakukan Saputra & Indaryanto (2018), menyebutkan bahwa selama periode 2014 - 2016 di Pulau Sumatera ditemukan sebanyak 1.004 kasus positif *Aeromonas hydrophila* salah satunya pada ikan mas koki dengan tingkat keberadaan cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Aeromonas hydrophila* dapat menjadi salah satu tantangan terhadap keberhasilan budi daya ikan mas koki dan berbagai jenis ikan tawar lainnya. *Aeromonas hydrophila* merupakan bakteri Gram negatif, dapat menyebabkan kematian ikan hingga mencapai 80 - 100% dalam waktu yang sangat singkat (Lukistyowati & Kurniasih, 2012).

Pengendalian penyakit yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* selama ini dilakukan dengan penggunaan bahan-bahan kimia seperti antibiotik. Penggunaan antibiotik dalam kegiatan budi daya telah dilakukan selama bertahun-tahun. Penggunaan antibiotik dalam jangka panjang dapat menyebabkan timbulnya bakteri yang resisten terhadap antibiotik, selain itu residu antibiotik dapat membahayakan kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan (Puspasari, 2010).

Salah satu alternatif yang efektif, aman, dan ramah lingkungan dalam pencegahan infeksi *Aeromonas hydrophila* adalah dengan menambahkan tepung *Spirulina platensis* ke dalam pakan komersil sebagai imunostimulan. Penambahan tepung *Spirulina platensis* tidak hanya berkontribusi pada pertumbuhan ikan, tetapi juga berfungsi sebagai imunostimulan yang dapat meningkatkan daya tahan tubuh ikan (Utomo et al., 2012).

Spirulina platensis merupakan alga multiseluler berwarna biru-hijau, memiliki struktur sel yang lunak dan mengandung lipopolisakarida (gula kompleks dan protein) (Sze, 1993; Estrada et al., 2001), lipopolisakarida tersebut terdiri dari lipid A, polisakarida O (antigen), dan inti polisakarida yang dapat meningkatkan reaksi kekebalan, seperti peningkatan aktivitas fagosit dari makrofag. Kandungan protein yang terdapat dalam *S. platensis* cukup tinggi dengan kandungan protein mencapai 60% (Christwardana et al., 2013). Berdasarkan beberapa penelitian, pemberian *S. platensis* dapat merangsang imun non-spesifik pada ikan nila (Ragap et al., 2012) dan rainbow trout (Yeganeh et al., 2015). Sebuah studi menunjukkan bahwa *S. platensis* diduga dapat membantu sistem kekebalan melawan infeksi (Susana et al., 2007). Oleh karena itu, dilakukan penelitian menggunakan penambahan tepung *S. platensis* dalam pakan komersil sebagai imunostimulan dalam pencegahan bakteri *A. hydrophila* pada ikan mas koki (*C. auratus*) yang diharapkan mampu dalam menanggulangi penyakit ikan dengan meningkatkan imun non-spesifik dan ramah lingkungan. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dosis terbaik dari suplementasi atau penambahan tepung *S. platensis* dalam pakan komersil dalam pencegahan bakteri *A. hydrophila* pada ikan mas koki (*Carassius auratus*).

1.2 Tujuan

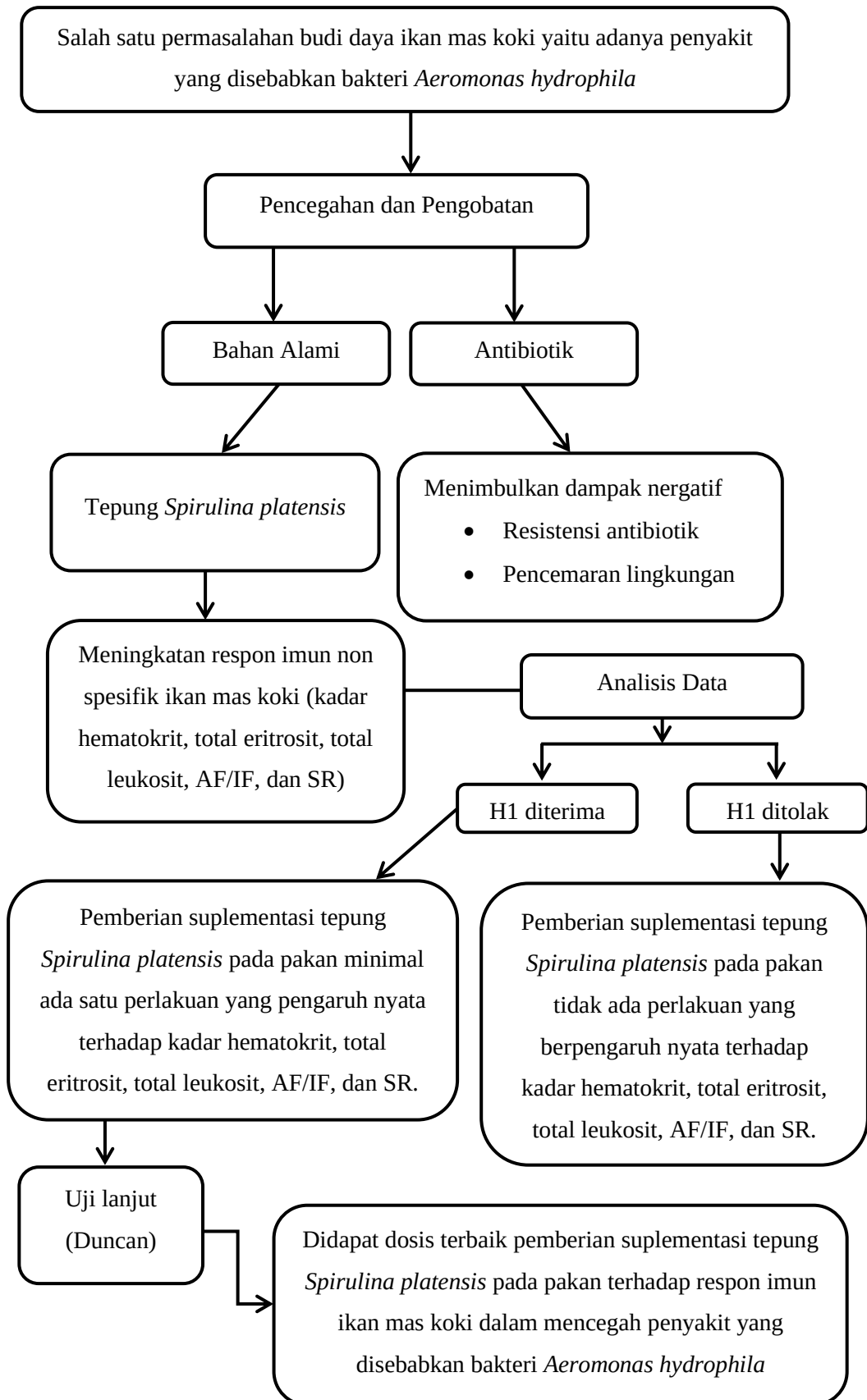
Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi tepung *Spirulina platensis* dengan berbagai dosis dalam pencegahan penyakit yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas koki.

1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai manfaat tepung *Spirulina platensis* untuk pencegahan penyakit yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas koki.

1.4 Kerangka Pemikiran

Salah satu penyakit yang menyerang ikan mas koki yaitu penyakit bakterial yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*. Dalam mengatasi masalah ini, upaya pencegahan dan pengobatan penyakit dilakukan menggunakan bahan kimia dan antibiotik. Upaya yang telah dilakukan dengan cara tersebut banyak menimbulkan organisme yang resisten terhadap antibiotik dan menyebabkan pencemaran lingkungan akibat residu antibiotik. Sehingga perlunya alternatif pengendalian penyakit yang lebih aman dan ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan bahan alami seperti tepung *Spirulina platensis* yang dapat meningkatkan respon imun non-spesifik. Tepung *S. platensis* diberikan untuk melihat efektifitasnya terhadap peningkatan respon imun non-spesifik pada ikan mas koki. Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, indeks fagositosis dan *survival rate*. Data parameter tersebut kemudian dianalisis dengan statistik. Pemberian suplementasi tepung *S. platensis* pada pakan diharapkan dapat meningkatkan respon imun non-spesifik ikan mas koki dalam mencegah penyakit yang disebabkan bakteri *A. hydrophila*. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Kadar Hematokrit

H_0 ; semua $\tau_i = 0$:

Semua perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* pada ikan mas koki tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kadar hematokrit ikan mas koki.

H_1 ; minimal ada satu $\tau_i \neq 0$:

Minimal ada satu perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kadar hematokrit ikan mas koki.

2. Total Eritrosit

H_0 ; semua $\tau_i = 0$:

Semua perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* pada ikan mas koki tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total eritrosit ikan mas koki.

H_1 ; minimal ada satu $\tau_i \neq 0$:

Minimal ada satu perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total eritrosit ikan mas koki.

3. Total Leukosit

H_0 ; semua $\tau_i = 0$:

Semua perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* pada ikan mas koki tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total leukosit ikan mas koki.

H_1 ; minimal ada satu $\tau_i \neq 0$:

Minimal ada satu perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total leukosit ikan mas koki.

4. Aktivitas Fagositosis/Indeks Fagositosis

H_0 ; semua $\tau_i = 0$:

Semua perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* pada ikan mas koki tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap aktivitas fagositosis/indeks fagositosis ikan mas koki.

H_1 ; minimal ada satu $\tau_i \neq 0$:

Minimal ada satu perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap aktivitas fagositosis/indeks fagositosis ikan mas koki.

5. Tingkat Kelangsungan Hidup atau *Survival Rate* (SR)

H_0 ; semua $\tau_i = 0$:

Semua perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* pada ikan mas koki tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup atau *survival rate* (SR) ikan mas koki.

H_1 ; minimal ada satu $\tau_i \neq 0$:

Minimal ada satu perlakuan suplementasi *Spirulina platensis* yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup atau *survival rate* (SR) ikan mas koki.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*)

2.1.1 Klasifikasi

Klasifikasi ikan mas koki menurut IUCN (2013) adalah sebagai berikut:

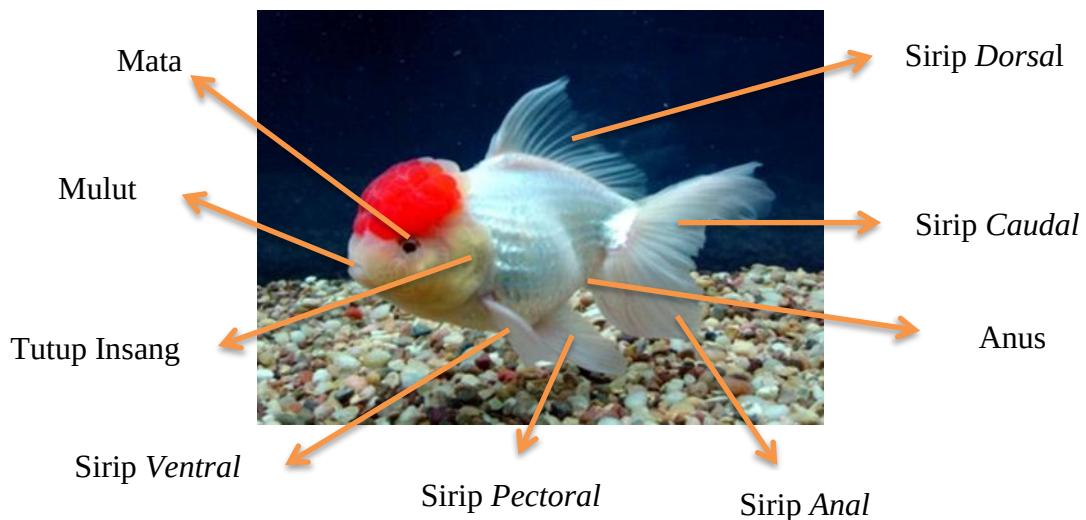
Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Cypriniformes
Family	: Cyprinidae
Genus	: <i>Carassius</i>
Spesies	: <i>Carassius auratus</i>

2.1.2 Morfologi

Ikan mas koki memiliki variasi warna tubuh yang sangat menarik, seperti merah, oranye, kuning, putih, perak, dan hitam (Diansyah et al., 2019). Ciri khas ikan mas koki meliputi bentuk tubuhnya yang pendek dan bulat, mata yang besar dan lebar, sirip yang panjang dan menjuntai, serta adanya garis sisi pada tubuhnya. Selain itu, ikan mas koki memiliki sirip yang lengkap, meliputi sirip dada, sirip perut, sirip punggung, sirip ekor, serta sirip anal (Sudrajat & Widi, 2020).

Ikan mas koki memiliki bentuk tubuh yang hampir serupa dengan ikan karper (ikan mas), ditandai dengan adanya sirip-sirip yang lengkap, meliputi sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip anal atau dubur, dan sirip ekor. Selain itu, ikan mas koki memiliki sisik yang tersusun secara rapi di seluruh permukaan

tubuhnya. Meskipun terdapat kesamaan dalam bentuk fisik, ikan mas koki menunjukkan perbedaan yang mencolok jika dibandingkan dengan ikan karper (ikan mas), terutama pada bentuk badan, kepala, sisik, sirip, dan mata. Ikan mas koki juga dikenal memiliki bentuk tubuh yang pendek dan gemuk, sehingga gerakan tubuhnya saat berenang sangat menarik (Ningrum, 2022).



Gambar 2. Morfologi Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*)
Sumber: Herdiana (2022)

2.1.3 Habitat

Ikan mas koki (*Carassius auratus*) merupakan salah satu ikan hias air tawar yang sangat terkenal dan memiliki banyak penggemar. Pertama kali ikan mas koki (*C. auratus*) ditemukan oleh masyarakat Cina pada tahun 960 - 1279 dan menjadi sangat terkenal pada tahun 1368 - 1644 yaitu pada masa Dinasti Ming. Ikan mas koki sangat terkenal karena memiliki bentuk tubuh yang menarik dan unik. Dengan keunikan ikan mas koki tersebut, sehingga banyak dijual ke mancanegara (Syaifudin et al., 2004). Penyebaran ikan mas koki cukup merata di berbagai benua, termasuk Asia, Amerika, Eropa, dan Australia. Di Indonesia ikan mas koki diperoleh langsung dari Cina. Di alam, ikan mas koki mampu bertahan hidup di danau, sungai, bendungan atau kolam berlumpur. Ikan mas koki dapat dibudi dayakan di berbagai jenis kolam, seperti kolam tanah, kolam beton, kolam fiber, dan lain sebagainya (Qomariyah, 2023).

2.2 *Spirulina platensis*

Klasifikasi *Spirulina platensis* menurut Geitler (1925) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Eubacteria
Filum	: Cyanobacteria
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Spirulinales
Famili	: Spirulinaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Spesies	: <i>Spirulina platensis</i>



Gambar 3. *Spirulina platensis*
Sumber: Henrickson (1989).

Spirulina merupakan makhluk hidup *autotroph* berwarna kehijaun, kebiruan dengan sela berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral sehingga disebut sebagai alga biru hijau berfilamen (Lesmana et al., 2019). *Spirulina platensis*, memiliki struktur sel yang lunak dan mengandung lipopolisakarida (gula kompleks dan protein) (Sze, 1993; Estrada et al., 2001), lipopolisakarida tersebut terdiri dari lipid A, polisakarida O (antigen), dan inti polisakarida yang dapat membantu meningkatkan reaksi kekebalan, seperti peningkatan aktivitas fagosit dari makrofag. Kandungan protein yang terdapat dalam *S. platensis* cukup tinggi dengan kandungan protein mencapai 60% (Christwardana et al., 2013).

Berdasarkan beberapa penelitian, pemberian *S. platensis* mampu merangsang imun non-spesifik pada ikan nila (Ragap et al., 2012) dan rainbow trout (Yeganeh et al., 2015). Selain itu, *S. platensis* juga mampu merangsang pembentukan sel darah merah dan darah putih yang berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh. Selvaraj et al. (2009), melaporkan bahwa kandungan lipopolisakarida pada *S. platensis* mampu merangsang dan melindungi ikan gurame yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila*. Kandungan lipopolisakarida yang terdapat dalam *S. platensis* berpotensi digunakan sebagai imunostimulan, yang dapat membantu meningkatkan respons sistem kekebalan tubuh (Pelizer et al., 2002).

2.3 Sistem Imun Pada Ikan

Sistem imun merupakan sistem pertahanan tubuh dalam menjaga keseimbangan tubuh. Konsep imunitas diartikan sebagai kemampuan dalam mendeteksi zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Sistem imun terdiri dari sistem imun non-spesifik (alamiah) dan sistem imun spesifik (didapat). Menurut Rahmaningsih (2018), sistem imun dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kebiasaan hidup, dan imunitas seluler. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi mekanisme sistem imun adalah genetika (*thymus master gene*), metabolisme hormon, lingkungan, nutrisi, anatomi, fisiologi, usia, dan mikroba (Ani et al., 2021).

Sistem imun spesifik merupakan sistem imun yang akan muncul ketika sudah mendapatkan rangsangan dari luar (Setyawan et al., 2019). Sistem imun spesifik berfungsi dalam mempertahankan diri dari penyakit tertentu dan memerlukan rangsangan terlebih dahulu. Sistem imun spesifik memiliki karakteristik yaitu mampu menghasilkan immunoglobulin spesifik, imunitas seluler, memori imunologis, dan kemampuan dalam mengontrol hipersensitivitas. Oleh karena itu, sistem imun spesifik mampu mengenali benda yang dianggap asing yang pertama kali muncul dalam tubuh ikan. Ketika sistem imun tersebut bertemu kembali dengan benda asing yang sama lagi, maka benda asing tersebut akan dikenali lebih cepat dan segera dihancurkan.

Sistem imun non-spesifik, yang sering disebut sebagai imunitas bawaan, berfungsi sebagai garis pertahanan pertama tubuh dalam melawan berbagai jenis

patogen, seperti virus, bakteri, dan jamur. Keunggulan dari sistem ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan respons segera terhadap infeksi tanpa memerlukan pengenalan spesifik terhadap tipe patogen yang menyerang. Imunitas bawaan ini telah ada sejak lahir dan memainkan peranan yang sangat penting dalam menjaga kesehatan individu. Saat sistem kekebalan tubuh berinteraksi dengan antigen, respons sistem kekebalan akan diaktifkan secara otomatis melalui pengenalan sifat-sifat kimia yang dimiliki oleh antigen tersebut, sehingga memungkinkan tubuh untuk melakukan tindakan pertahanan yang diperlukan dengan cepat dan efisien. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap sistem imun non-spesifik yaitu spesies, faktor keturunan, usia, pengaruh hormon serta faktor kondisi (Rahmaningsih, 2018). Pada ikan, sistem imun non-spesifik terdiri dari pertahanan fisik, mekanik, dan kimiawi yang terjadi pada kulit, sisik, mukus dan insang. Daerah permukaan tubuh pada ikan dapat menghambat masuknya patogen ke dalam tubuh ikan (Mulia et al., 2012).

2.4 Respons Imun

Respon imun merupakan reaksi yang kompleks yang dilakukan oleh tubuh sebagai respon terhadap keberadaan benda asing. Reaksi ini melibatkan beragam jenis sel dan protein, termasuk makrofag, sel limfosit, sistem komplemen, dan sitokin. Ketika zat atau benda asing masuk ke dalam tubuh, sistem imun akan melakukan dua jenis respon, yaitu respon imun non-spesifik dan respon imun spesifik (Fauziah et al., 2023).

Respon imun non-spesifik merupakan imunitas alamiah atau bawaan (*innate immunity*) yang memberikan perlindungan terhadap zat asing yang masuk ke dalam tubuh, meskipun individu tersebut belum pernah terpapar sebelumnya. Respon imun non-spesifik memiliki mekanisme yang mampu mendeteksi zat asing dan mencegah kerusakan yang ditimbulkannya, tetapi tidak memiliki kemampuan untuk mengenali atau mengingat zat-zat tersebut. Respon ini melibatkan proses fagositosis, di mana mikroorganisme dijangkau dan dicerna oleh sel-sel leukosit, terutama makrofag, neutrofil, dan monosit. Aktivasi faktor kemo-taktik dan sistem komplemen mendukung proses ini, diikuti oleh penghancuran

mikroorganisme melalui enzim lisozim, reaksi oksidasi-reduksi, dan gangguan pada metabolisme sel. Selain itu, respon imun non-spesifik juga mencakup proses inflamasi di mana sel-sel inflamasi berpindah ke lokasi yang terinfeksi. Pada tahap ini, terjadi peningkatan aliran darah, peningkatan permeabilitas kapiler, dan marginasi sel-sel darah untuk bermigrasi melalui endotel ke jaringan. Proses ini berlanjut dengan eksudasi cairan dan protein plasma. Secara keseluruhan respon imun non-spesifik melibatkan pertahanan fisik, biokimia, humoral, dan seluler (Darwin et al., 2021).

Respon imun spesifik merupakan respon imun didapat atau adaptif (*acquired*) yaitu reaksi yang muncul sebagai hasil dari paparan terhadap antigen tertentu akibat pengalaman tubuh sebelumnya dengan antigen tersebut. Proses ini diaktifkan oleh sel T-helper 1 (Th1), berperan dalam aktivasi sel presentasi antigen (APC) serta respons dari sel T sitotoksik (Iwo, 2024). Respon imun spesifik memiliki peran penting dalam melawan infeksi yang terjadi di dalam sel, termasuk infeksi virus, beberapa jenis bakteri, jamur, dan protozoa. Ciri khas dari respon imun ini mencakup sifatnya yang spesifik, heterogen, dan kemampuannya untuk membentuk memori (Darwin et al., 2021). Respon ini bergantung pada reseptor spesifik antigen yang diekspresikan di permukaan limfosit T dan B. Reseptor spesifik antigen dalam respon adaptif dikodekan oleh gen yang berasal dari elemen somatik mikroba, yang membentuk reseptor sel T (*T Cell Receptor*) dan gen imunoglobulin (reseptor antigen sel B; Ig) (Rosyanti & Hadi, 2020). Mekanisme respon imun spesifik terdiri dari dua bagian utama, yaitu respon imun seluler dan respon imun humoral (Fauziah et al., 2023).

2.5 Biologi Bakteri *Aeromonas hydrophila*

2.5.1 Klasifikasi

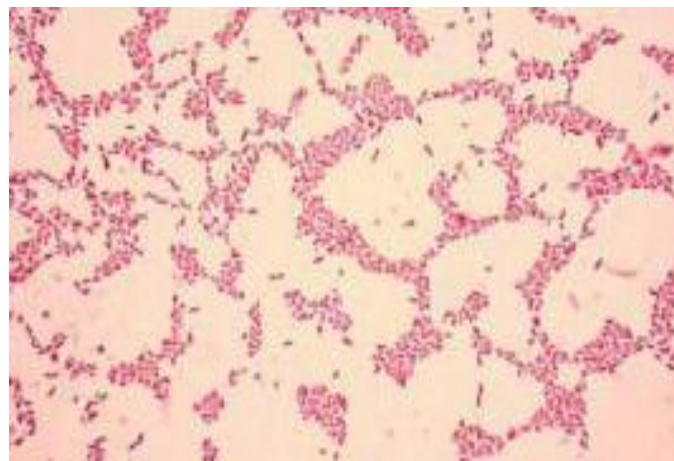
Klasifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* menurut Holt et al. (1994) adalah sebagai berikut:

Filum	: Protophyta
Kelas	: Schizomycetes

Ordo : Pseudanomonadeles
Famili : Vibrionaceae
Genus : *Aeromonas*
Spesies : *Aeromonas hydrophila*

2.5.2 Morfologi

Aeromonas hydrophila merupakan bakteri oportunistik yang termasuk dalam kelompok bakteri Gram negatif (Lukistyowati & Kurniasih, 2012). Bakteri *A. hydrophila* memiliki bentuk batang pendek dengan ukuran sekitar 0,7-0,8 μm , dan memiliki sifat sebagai bakteri aerobik yang dapat bertahan hidup dalam kondisi anaerobik (fakultatif anaerob). Selain itu, *A. hydrophila* tidak memiliki spora dan berbentuk motil karena dilengkapi dengan flagel yang terletak di salah satu kutubnya. Beberapa strain *A. hydrophila* memiliki bentuk bulat (*coccoid*) dan dapat bergerak (motil) karena dilengkapi dengan flagella. Morfologi koloni *A. hydrophila* ditandai dengan warna putih-krem kekuningan, bentuk sirkuler, cembung, dan sedikit bergerigi di pinggirannya (Muslikha, 2016). Sebagian besar bakteri *A. hydrophila* dapat tumbuh dan bereproduksi pada suhu 37°C dan tetap bergerak (motil) pada suhu tersebut (Nisaa, 2020).



Gambar 4. *Aeromonas hydrophila* perbesaran 100x
Sumber: Yulita (2002)

2.5.3 Patogenitas Bakteri *Aeromonas hydrophila*

Aeromonas hydrophila tergolong patogen yang dapat menyerang sistem kekebalan tubuh ikan, sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit, terutama ketika ikan berada dalam kondisi kurang sehat. Penyebaran penyakit yang disebabkan oleh *A. hydrophila* pada ikan dapat berlangsung dengan cepat, khususnya dalam budi daya ikan dengan populasi yang padat, hal ini dapat mengakibatkan tingkat kematian yang sangat tinggi pada ikan yang terinfeksi (Kordi, 2013).

Menurut Chopra et al. (2000), bahwa *Aeromonas hydrophila* merupakan bakteri patogen dengan tingkat virulensi yang tinggi. Virulensi ini dipengaruhi oleh kemampuan bakteri dalam memproduksi enzim dan toksin tertentu yang memainkan peran penting dalam proses invasi dan infeksi. Ikan yang terinfeksi *A. hydrophila* menunjukkan berbagai gejala klinis, seperti perubahan warna tubuh yang menjadi pucat, luka-luka pada bagian tubuh ikan, gerakan lambat, tubuh seringkali terlihat lebih gelap, serta kerusakan pada mata dan insang. Insang ikan dapat berwarna merah keputihan, dan terdapat pendarahan yang bisa muncul pada organ-organ internal seperti hati, ginjal, dan limpa (Lubis, 2014).

2.5.4 Gejala Klinis Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*

Infeksi yang disebabkan bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan dapat menimbulkan berbagai gejala klinis yang terlihat secara eksternal maupun internal. Secara eksternal, ikan yang terinfeksi menunjukkan adanya kerusakan pada permukaan tubuh berupa bercak merah yang bersifat *haemorrhagic*, yang menandakan adanya pendarahan di jaringan kulit dan selaput lendir akibat kerusakan vaskular yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila*. Warna tubuh ikan cenderung menjadi gelap sebagai respons stres dan infeksi. Perut yang membuncit (*dropsy*) menunjukkan akumulasi cairan di rongga perut akibat gangguan fungsi ginjal dan sistem osmoregulasi yang terganggu. Selain itu, terdapat gejala lain seperti mata menonjol (*exophthalmia*), yang mengindikasikan adanya edema di jaringan mata dan bagian kepala (Rosidah et al., 2018). Gejala internal yang muncul meliputi keberadaan cairan berwarna kuning di rongga perut yang menanda-

kan adanya proses inflamasi dan eksudasi, ginjal berwarna merah pucat dan lembek akibat kerusakan jaringan, hati berwarna merah kecoklatan yang menunjukkan peradangan hati (hepatitis), serta organ-organ internal seperti jantung, insang, dan usus yang pucat dan mengalami degenerasi. Lambung mengembung berisi air menunjukkan gangguan pencernaan dan gangguan fungsi organ pencernaan. Otot menjadi lembek dan mudah rusak, menandakan kerusakan jaringan otot akibat infeksi bakteri *A. hydrophila* (Mulia et al., 2009). Secara keseluruhan, infeksi *A. hydrophila* menyebabkan kerusakan organ dan jaringan yang luas, baik secara eksternal maupun internal, yang secara klinis dapat dikenali melalui kombinasi gejala fisik dan perubahan morfologi organ dalam ikan yang terinfeksi.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli sampai dengan Oktober 2024.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan yang digunakan pada penelitian

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
1	Ikan mas koki	-	-	Sebagai hewan uji.
2	Alkohol	70%	Vilisol	Untuk sterilisasi.
3	Media <i>tryptone soya agar</i> (TSA)	8 g	Himedia	Untuk media tumbuh bakteri.
4	Media <i>tryptone soy broth</i> (TSB)	6 g	Himedia	Untuk media tumbuh bakteri dan pengenceran bakteri.

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
5	Akuades	-	-	Untuk membersihkan alat laboratorium.
6	Larutan turk's	200 mL	Pupick med	Untuk mengencerkan leukosit dan melisiskan eritrosit.
7	Larutan Hayem	200 mL	Pupick med	Untuk mengencerkan eritrosit dan melisiskan leukosit.
8	EDTA	10%	Pupick med	Untuk antikoagulan.
9	Giemsa	10%	Pupick med	Untuk pewarnaan sampel.
10	Metanol	200 mL	Merck	Untuk fiksasi preparat.
11	Minyak imersi	20 mL	Indo reagen	Untuk memperjelas objek yang diamati.
12	<i>Aeromonas hydrophila</i>	-	-	Untuk bakteri uji.
13	Tepung <i>Spirulina platensis</i>	180 g	Sprunk	Untuk suplemen yang ditambahkan dalam pakan.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat yang digunakan pada penelitian

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
1	Akuarium	60x40x40 cm	-	Untuk wadah pemeliharaan ikan uji.
2	Selang aerasi	-	-	Untuk menyalurkan oksigen ke akuarium.
3	Batu aerasi	5 cm	Fischo	Untuk meningkatkan level optimal oksigen pada akuarium.
4	Skopnet	20 cm	Golden dragon	Untuk mengambil ikan uji.

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
5	Timbangan digital	Kapasitas 0,001-500 g	Sojikyō	Untuk menimbang bahan (media) yang dibutuhkan.
6	Gelas ukur	100 mL	Onemed	Untuk mengukur volume larutan atau cairan dengan tepat.
7	Erlenmeyer	500 mL	Duran	Untuk wadah pencampuran media.
8	<i>Hotplate</i>	-	MS-H280-Pro	Untuk memanaskan, menghomogenkan media TSA dan TSB.
9	Autoklaf	-	Gea	Untuk mensterilkan alat dan bahan.
10	Bunsen	-	-	Untuk pemanas, sterilisasi, dan pembakar.
11	Cawan petri	100x15 mm	Onemed	Untuk kultur bakteri.
12	Rak tabung reaksi	16x150 mm	Pyrex	Untuk menyimpan dan menata tabung eppendorf.
13	Jarum ose	-	-	Untuk memindahkan, mengambil koloni suatu mikroba.
14	Spektrofotometer		Uv-752N	Untuk mengukur nilai absorbansi.
15	Inkubator	37°C	B-one	Untuk menginkubasi suatu bakteri agar dapat hidup pada suatu media.
16	<i>Cool box</i>	28x15x16 cm	Masterindo	Untuk menyimpan sampel.
17	<i>Syringe</i>	1 cc	Onemed	Untuk mengambil sampel darah ikan uji.
18	Tabung eppendorf	15 mL	Onemed	Untuk menyimpan darah dan pengenceran.

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
19	<i>Haemocytometer</i>	-	Haemocytometer assistant, Germany	Untuk mengitung dan mengamati sampel darah.
20	Mikroskop	-	Leica	Untuk pengamatan sampel.
21	Tabung kapiler mikrohematokrit	75 mm	Nesco lab	Untuk sentrifuge sampel darah.
22	<i>Micro hematocrit centrifuge</i>	12000 rpm	Nesco lab	Untuk memisahkan sample darah yang digunakan untuk pengecekan hematokrit.
23	Kaca preparat	-	General care	Untuk membuat ulas darah.
24	Mikropipet	100-1000 μ L	DLAB	Untuk memindahkan larutan.
25	<i>Yellow tib</i>	200 μ L	Onemed	Untuk menampung sampel.
26	<i>Vortex</i>	-	Orbital	Untuk menghomogenkan sampel.
27	Plastisin	-	Peipeile	Untuk menyumbat sampel.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan.

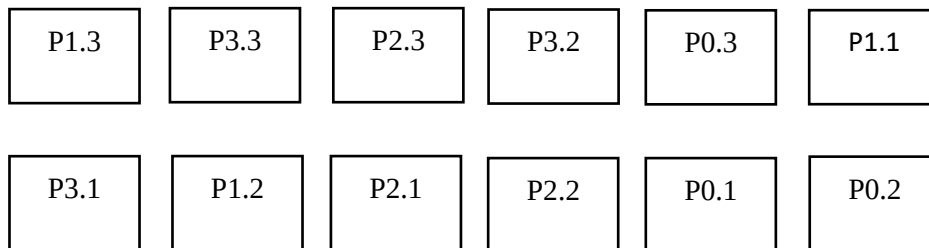
P0: Pemberian pakan komersil tanpa penambahan tepung *Spirulina* 0 g/kg.

P1: Pemberian pakan komersil dengan penambahan tepung *Spirulina* 25 g/kg pakan.

P2: Pemberian pakan komersil dengan penambahan tepung *Spirulina* 30 g/kg pakan.

P3: Pemberian pakan komersil dengan penambahan tepung *Spirulina* 35 g/kg pakan.

Berikut susunan rancangan penelitian yang disajikan dalam gambar:



Gambar 5. Tata letak wadah penelitian

Keterangan:

P0.1, P0.2, P0.3: Perlakuan P0 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan.

P1.1, P1.2, P1.3: Perlakuan P1 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan.

P2.1, P2.2, P2.3: Perlakuan P2 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan.

P3.1, P3.2, P3.3: Perlakuan P3 dan 1, 2, 3 merupakan ulangan.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi persiapan wadah, pembuatan pakan uji, persiapan hewan uji, pemeliharaan ikan, ujiantang, dan perhitungan parameter penelitian.

3.4.1 Persiapan Wadah

Wadah uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12 akuarium berukuran 60 x 40 x 40 cm³ dengan volume 50 L. Akuarium tersebut dibersihkan dengan dicuci menggunakan sabun, kemudian dibilas dan dikeringkan. Setelah kering, akuarium diletakkan pada rak penelitian dan diisi dengan air tawar sebanyak 30 L dan dilengkapi dengan instalasi aerasi sebagai penyuplai oksigen.

3.4.2 Pembuatan Pakan Uji

Pembuatan pakan uji dilakukan dengan cara suplementasi tepung *S. platenis* dengan pakan komersil yang sudah disiapkan sesuai dengan kandungan nutrisi ikan mas koki. Pertama yang dilakukan adalah proses pencampuran tepung

S. platenis dengan pakan komersil, dengan cara disiapkan sebanyak 1 kg pakan untuk masing-masing perlakuan. Setelah semua kebutuhan untuk setiap perlakuan ditimbang, selanjutnya ditambahkan air dengan perbandingan 3:1 (1 kg pakan ditambahkan 1/3 L air atau 333 mL air). Setelah bahan-bahan dicampurkan hingga merata, kemudian dimasukkan ke dalam mesin pencetak pellet. Pellet yang sudah jadi kemudian dikering anginkan dengan tujuan agar pellet tidak hancur, tidak mudah basi, dan tidak berjamur. Pellet dikeringkan dengan cara diangin-anginkan, kemudian disemprotkan sebanyak 100 mL minyak ikan dengan tujuan untuk meningkatkan daya tarik dan selera makan ikan, sehingga meningkatkan konsumsi pakan.

3.4.3 Persiapan Hewan Uji

Ikan mas koki yang digunakan memiliki bobot rata-rata $10,5 \pm 1$ g dengan panjang rata-rata $6,5 \pm 0,5$ cm. Ikan mas koki yang digunakan didapatkan dari daerah Tulung Agung, Jawa Timur. Jumlah ikan mas koki yang digunakan untuk setiap akuarium adalah 10 ekor. Sebelum ikan dimasukkan ke dalam akuarium, dilakukan aklimatisasi selama 10 - 15 menit. Sebelum Ikan mas koki diberi perlakuan, ikan mas koki dipelihara selama 14 hari dengan frekuensi pemberian pakan dua kali sehari dengan menggunakan metode *ad satiation* (selama masa aklimatisasi).

3.4.4 Pemeliharaan Ikan

Ikan mas koki sebanyak 120 ekor dipelihara selama 60 hari lalu dilanjutkan dengan 14 hari pemeliharaan untuk ujiantang. Ikan mas koki diberi pakan dengan dosis sesuai perlakuan (0, 25, 30, 35 g/kg), frekuensi pemberian pakan 3 kali sehari dengan FR 3%, yaitu pada pukul 07:00, 13:00, dan 18:00 WIB. Sisa pakan dan kotoran pada akuarium akan dibersihkan dengan metode sipon. Sipon dan pergantian air dilakukan setiap pagi untuk menghindari adanya penumpukan bahan organik pada akuarium yang dapat menyebabkan stres pada ikan. Pergantian air disesuaikan dengan volume air yang terbuang saat penyiponan.

3.4.5 Uji LD₅₀

Uji LD₅₀ bertujuan untuk menentukan dosis bakteri yang dapat mematikan setengah dari populasi ikan. Dalam penelitian ini, metode kohabitasi diterapkan pada ikan mas koki untuk mengetahui dosis bakteri yang dapat menyebabkan kematian pada 50% populasi ikan. Uji LD₅₀ dilakukan dengan menyiapkan 5 buah akuarium, masing-masing akuarium berisi 10 L air. Setiap akuarium diisi dengan 10 ekor ikan mas koki. Dosis bakteri yang digunakan yaitu 10 mL suspensi bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan masing masing kepadatan 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , dan 10^7 CFU/mL. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari untuk mengetahui dosis yang tepat yang dapat menyebabkan kematian 50% pada populasi ikan mas koki.

3.4.6 Uji Tantang

Uji tantang dilakukan setelah 60 hari pemeliharaan, selanjutnya dilakukan uji tantang selama 14 hari. Uji tantang dilakukan dengan cara menginfeksi ikan menggunakan bakteri *Aeromonas hydrophila* (kepadatan 10^6 CFU/mL) secara kohabitasi (perendaman) dengan dosis 10 mL/10 L air. Selama uji tantang berlangsung, dilakukan pengamatan gejala klinis dan perubahan tingkah laku ikan. Pada hari ke-74, yaitu 14 hari pasca uji tantang, dilakukan pengambilan darah untuk pengamatan kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, indeks fagositosis. Selain itu, dicatat kematian ikan uji hingga akhir.

3.4.7 Pengambilan Sampel Darah

Pengambilan sampel darah ikan dilakukan dengan menusukkan jarum *sput* 1 cc pada garis tengah tubuh di belakang sirip anal. Jarum dimasukkan ke dalam *musculus* sampai mencapai tulang belakang. Kemudian spuit ditarik secara perlahan sampai darah masuk sebanyak 0,3 mL ke dalam *sput*. Setelah itu darah dimasukan ke dalam microtube yang telah diberi EDTA 10% dan diberi label

pada *microtube* selanjutnya dimasukan ke dalam *cool box* agar tidak terjadi perubahan warna darah ikan.

3.5 Parameter Penelitian

Parameter yang dimati yaitu: kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagoitosis, indeks fagositosis, tingkat kelangsungan hidup, *relative percent survival*, dan gejala klinis. Pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali selama pemeliharaan yaitu pada hari ke-0 dan hari ke-60, kemudian dilanjutkan dengan ujiantang menggunakan bakteri *Aeromonas hydrophila* selama 14 hari dengan pengamatan pada hari ke-74 pemeliharaan.

3.5.1 Kadar Hematokrit

Kadar hematokrit diukur dengan cara memasukkan darah ikan ke dalam tabung kapiler, yaitu dengan ditutup salah satu ujung tabung kapiler sampai $\frac{3}{4}$ bagian (56,25 μ L darah). Selanjutnya, salah satu ujung lubang tabung kapiler disumbat dengan menggunakan *crystoseal* atau plastisin. Tabung kapiler kemudian disentrifugasi menggunakan *micro hematocrit centrifuge* selama 15 menit dengan kecepatan 3.500 rpm. Kemudian volume padatan sel eritrosit dan volume darah total pada tabung kapiler diukur menggunakan penggaris.

Pengukuran kadar hematokrit menggunakan rumus Royan et al. (2014) berikut:

$$\text{Kadar Hematokrit (\%)} = \frac{\text{Panjang volume sel darah merah yang mengendap}}{\text{panjang total volume darah dalam tabung}} \times 100\%$$

3.5.2 Total Eritrosit

Darah ikan yang telah diberikan antikoagulan diambil menggunakan pipet *thoma* eritrosit dengan butir berwarna merah pada sisi tengah pipet dihisap sampai skala 0,5. Selanjutnya darah dicampur dengan larutan hayem sampai batas skala 101. Pipet *thoma* kemudian dihomogenkan dengan cara diayun membentuk angka delapan selama 15 - 30 detik. Selanjutnya buang 2 tetes pertama larutan darah pada pipet *thoma*, kemudian darah dimasukkan ke kamar hitung *haemocytometer*.

Selanjutnya tutup *haemocytometer* menggunakan *coverglass*, lalu dilakukan perhitungan di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Eritrosit dihitung dengan metode L dengan cara mengitung sel yang terdapat dalam 5 kotak kecil. Rumus perhitungan total eritrosit menggunakan rumus Blaxhall & Daisley, (1973) berikut:

$$\Sigma \text{Eritrosit} = \frac{\Sigma \text{sel}}{\text{volume kotak besar}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

3.5.3 Total Leukosit

Darah yang telah diberi antikoagulan diambil menggunakan pipet *thoma* leukosit, selanjutnya dihisap sampai skala 0,5. Darah kemudian dicampur dengan larutan Turk sampai batas skala 11 pada pipet *thoma*. Selanjutnya dihomogenkan dengan cara menggoyangkan pipet *thoma* membentuk angka delapan. Selanjutnya cairan dimasukkan ke kamar hitung dan dilakukan perhitungan di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Jumlah leukosit yang terdapat dalam keempat bidang besar dihitung pada sudut-sudut seluruh permukaan yang terbagi. Leukosit dihitung dari sudut kiri atas mengarah ke kanan kemudian turun ke bawah dan dari kanan ke kiri sampai dengan seterusnya. Rumus perhitungan total leukosit menggunakan rumus Blaxhall & Daisley, (1973) berikut:

$$\Sigma \text{Leukosit} = \frac{\Sigma \text{sel}}{\text{volume kotak besar}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

3.5.4 Aktivitas Fagositosis dan Indeks Fagositosis (AF dan IF)

Pengukuran aktivitas fagositosis dan indeks fagositosis dilakukan dengan mencampurkan 50µL darah dengan 50 µL suspensi bakteri *Aeromonas hydrophila* ke dalam *microtube* menggunakan mikropipet lalu dihomogenkan dengan cara diayun membentuk angka delapan dan selanjutnya diinkubasi selama 20 menit di dalam inkubator. Selanjutnya dibuat preparat ulas darah dengan cara diambil darah pada *microtube* yang telah diinkubasi sebanyak 25 µL kemudian diletakkan di atas preparat. Darah kemudian diulas menggunakan ujung preparat lain dengan cara mendorong darah secara cepat lalu dikering anginkan. Setelah kering, pre-

parat diberi metanol secara merata pada permukaannya dan dikering anginkan kembali. Preparat diberi larutan giemsa untuk pewarnaan dan diamkan selama 1-2 jam, kemudian dibilas menggunakan aquades lalu dikering anginkan. Kemudian dilakukan pengamatan di bawah mikroskop, ditambahkan 1 tetes minyak imersi pada preprat lalu diamati dengan perbesaran 100x. Rumus perhitungan Aktivitas fagositosis dan indeks fagositosis menggunakan rumus berikut:

$$\text{Aktivitas fagositosis (\%)} = \frac{\text{jumlah sel yang memfagosit bakteri}}{\text{Total sel fagosit (*)}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks fagositosis} = \frac{\text{jumlah bakteri yang terfagosit}}{\text{jumlah sel yang memfagosit bakteri}}$$

Keterangan:

(*): jumlah sel yang dihitung sebanyak 100 sel, baik yang sedang memfagosit maupun tidak memfagosit.

3.5.5 *Survival Rate (SR)*

Survival rate (SR) atau tingkat kelangsungan hidup yaitu presentase jumlah ikan yang masih hidup setelah diberi pakan. SR digunakan untuk menghitung jumlah ikan di awal dan di akhir waktu pemeliharaan. Menurut Hidayat et al. (2013), rumus kelangsungan hidup adalah sebagai berikut:

$$\text{SR (\%)} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan:

SR = Kelangsungan hidup ikan (%)

Nt = Jumlah ikan pada akhir pemeliharaan (ekor)

No = Jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

3.5.6 *RPS (Relative Percent Survival)*

RPS atau tingkat perlindungan relatif digunakan untuk mengevaluasi efektivitas imunostimulan dalam melindungi ikan dari infeksi bakteri. Pengamatan dilakukan (setelah uji tantang) selama 14 hari untuk mengamati gejala klinis dan ke-

langsungan hidup ikan. Perhitungan *relative percent survival* menggunakan rumus Amend et al., (1981) berikut:

$$RPS = 1 - \frac{\text{kematian ikan perlakuan}}{\text{kematian ikan kontrol}} \times 100\%$$

3.5.7 Gejala Klinis

Gejala klinis pada ikan dapat diamati setiap hari secara visual setelah dilakukan ujiantang hingga akhir pemeliharaan. Gejala pertama yang muncul adalah peradangan, dengan terlepasnya sisik dari tubuh ikan dan mata ikan yang menonjol (*exophthalmia*). Infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* menyebabkan kerusakan fisik pada ikan, termasuk terlepasnya sisik yang dapat mengakibatkan luka (*ulcer*) tanpa disertai pendarahan. Menurut Yuhana et al. (2008), ikan yang terinfeksi *A. hydrophila* cenderung mengalami pendarahan di beberapa bagian tubuh, terutama pada dada, perut, dan pangkal sirip. Mulia (2010), melaporkan bahwa gejala penyakit akibat *A. hydrophila* pada ikan air tawar ditandai dengan bintik-bintik merah atau luka kecil pada tubuh dan sirip, serta sirip yang terlihat geripis (patah).

3.6 Analisis Data

Data kuantitatif dari hasil penelitian berupa hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas fagositosis, indeks fagositosis, dan tingkat kelangsungan hidup dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diterapkan. Data yang didapatkan kemudian ditabulasi menggunakan *Microsoft Excel* 2019 dan dianalisis menggunakan program IBM SPSS 2.6. Apabila analisis yang diperoleh berbeda nyata maka akan dilakukan uji lanjut Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Data kualitatif berupa LD50, kandungan nutrisi, RPS, dan gejala klinis dianalisis secara deskriptif dan data ditabulasi menggunakan *Microsoft Excel* 2019.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Suplementasi tepung *Spirulina platensis* sebanyak 35 g/kg pakan mampu memberikan pengaruh dalam mencegah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas koki.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian, yaitu pengaplikasian pakan dengan penambahan tepung *Spirulina platensis* sebanyak 35 g/kg dapat digunakan sebagai imunostimulan dengan meningkatkan sistem imun ikan mas koki dalam mencegah infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ani, M., Astuti, E. D., Nardina, E. A., Azizah, N., Hutabarat, J., Sebtalesty, C. Y., & Mahmud, A. (2021). *Biologi Reproduksi dan Mikrobiologi*. Yayasan Kita Menulis.
- Arsal, L. M., Yuhana, M., Nuryati, S., & Alimuddin. (2014). Sintasan ikan mas turunan ketiga pembawa marka cyca-DAB105 ditantang dengan *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 13(2), 167-178. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jai/article/view/10318/PDF>.
- Azhar, F. (2013). Pengaruh pemberian probiotik dan prebiotik terhadap performa juvenile ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Buletin Veterine Udayana*, 6(1), 1-9. <https://jurnal.harianregional.com/buletinvet/id-8877>.
- Baojiang, G. (1994). *Study on effect and mechanism of polysaccharides of spirulina on body immune function improvement*. South China Normal Univ. China. Publ. in Proc. of second Asia Pacific Conf. On Algal Biotech. Univ. of Malaysia. Pp 33-38. <https://www.spirulinasource.com/library/health-library/polysaccharides-and-immunity/>.
- Belay, A., & Ota, Y. (1993). Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *Journal of Applied Phycology*, 5, 235-241. <https://www.spirulinasource.com/PDF.cfm/HealthLibrary/Current%20knowledge%20on%20potential%20health%20benefits%20of%20spirulina.pdf>.
- Blaxhall, P. C., & Daisley, K. W. (1973). Routine haematological methodes for use withfish health. *Journal of Fish Biology*, 5(6), 577-581. <https://doi.org/10.1111/J.1095-8649.1973.TB04510.X>
- Brown, K. M. T. (2000). *Applied fish pharmacology*. Kluwer Academic Publisher. Springer Netherlands. https://books.google.com/books/about/Applied_Fish_Pharmacology.html?id=oNaV031HsX8C.
- Chopra, A. K., Xiu, X. I., Ribardo, D., Gonzales, M., Kuhl, K., Peterson, J. W., & Huston, C. W. (2000). The cytotoxic enterotoxin of *Aeromonas hydrophila*

induces proinflammatory cytokine production and activates arachidonic acid metabolism in macrophages. *Infection and Immunity*, 68(5), 2808-2818. <https://doi.org/10.1128/iai.68.5.2808-2818.2000>.

Christwardana, M., Nur, M. M. A., & Hadiyanto. (2013). *Spirulina platensis*, potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1), 1-4. <https://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/88/59>.

Darwin, E., Elvira, D., & Elfi, E. F. (2021). *Imunologi dan Infeksi*. Andalas University Press.

Diansyah, A., Amin, M., & Yulisman, (2019). Penambahan tepung wortel (*Daucus carota*) dalam pakan untuk peningkatan warna ikan mas koki. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 7(2), 149-160. <https://doi.org/10.53676/jism.v7i2.113>.

Duncan, P. L., & Klesius, P. H. (1996). Effect of feeding spirulina on specific and nonspecific immune responses of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 308-313. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1996\)008%3C0308:EOFSOS%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1996)008%3C0308:EOFSOS%3E2.3.CO;2).

Erika, Y. (2008). Gambaran diferensiasi leukosit pada ikan mujair (*Oreochromis mozambicus*) di daerah Cihampea Bogor (Skripsi Tidak Terpublikasi). Institut Pertanian Bogor.

Estrada, J. E. P., Bescos, P. B., Fresno, A. M. V. (2001). Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. *Farmaco*, 56(5-7), 497-500. [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01084-9](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01084-9).

Fauziah, P. N., Mainaassy, M. C., Ode, I., Affandi, R. I., Cesa, F. Y., Umar, F., Prajawanti, K. N., Rohmah, M. K., Achmad, A. F., Rahim, A., Setyono, B. D. H., Hendra, G. A., & Setiyabudi, L. (2023). *Imunologi*. Widina Bhakti Persada.

Fazil, M., Adhar, S., & Ezraneti, R. (2017). Efektivitas penggunaan ijuk, jerami padi dan ampas tebu sebagai filter air pada pemeliharaan ikan mas koki (*Carassius auratus*). *Acta Aquatica, Aquatic Sciences Journal*, 4(1), 37-43. <http://dx.doi.org/10.29103/aa.v4i1.322>.

Firnanda, R., Sugito., Fakhurrazi., & Sri, A. (2013). Isolasi *Aeromonas hydrophila* pada sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi tepung daun jalloh (*Salix tetrasperma roxb*). *Jurnal Medika Veterinaria*, 7(1), 22-24. <https://doi.org/10.21157/j.med.vet..v7i1.2913>.

- Geitler, L. (1925). *Cyanophyceae*. In: *Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. (Pascher, A. Eds) Vol.12, pp. 1-450. Jena: Gustav Fischer. <https://www.algaebase.org>. Diakses pada tanggal 4 Juni 2025.
- Grzanna, R., Polotsky, A., Phan, P.V., Pugh, N., Pasco, D., & Frondoza, C.G. (2006). Immolinalin, a high molecular-weight polysaccharide fraction of spirulina, enhances chemokine expression in human monocytic thp-1 cells. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 12(5), 429-435. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=fc9becc58b08a0dbfa33787c04520f30e58b04b2>.
- Haliman, R. W. (1993). Gejala klinis dan gambaran darah ikan lele dumbu (*Clarias* sp.) dewasa yang disuntik dengan bakteri *Aeromonas hydrophila* (sel utuh) galur virulen lemah secara intramuskular (No Publikasi 143164)[Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Repository Institut Pertanian Bogor.
- Hardi, E.H., Sukenda, E. Harris., & Lusiastuti, A. M. (2011). Karakteristik dan patogenitas *Streptococcus agalactiae* tipe β -hemolitik dan non-hemolitik pada ikan nila. *Jurnal Veteriner*, 12(2), 152-164. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jvet/article/download/3496/2529>.
- Henrikson, R. (1989). *Earth Food Spirulina platensis*. San Rafael, California, USA, Ronorc Enterprises, Inc. <https://id.scribd.com/document/22522909/Earth-Food-Spirulina>.
- Henrikson, R. (2000). *Spirulina, Health discoveries from the source of life*. <http://www.earthrise.com/a/spirul3.htm> 1 November 2024.
- Herdiana, D. (2022). *Jenis-jenis ikan mas koki dan cara budidaya*. <https://blogdedenherdiana1996.blogspot.com/>. Diakses pada 8 Agustus 2024.
- Hidayat., Deny., Sasanti, A. D., & Yulisman. (2013). Kelangsungan hidup, pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan gabus (*Channa Striata*) yang diberi pakan berbahan baku tepung keong mas (*Pomacea* sp.). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 1(2), 161-72. <https://core.ac.uk/download/pdf/267822675.pdf>.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Stale, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 9th edition. William & Wilkins. Departement of Microbiology. Gltner Hall. Michigan State University. East lansing. MI USA. 48824-1101. <https://books.google.co.id/books?id=jtMLZaa5ONcC&printsec=copyright&hl=id>.

- IUCN. (2013). *Carassius auratus*.
<https://www.iucnredlist.org/species/166083/1110472#taxonomy>. Diakses pada 4 Juni 2025.
- Iwo, M. I. (2024). *Peran Imunodulator dalam Kesehatan*. ITB Press.
- KKP. (2022). *Produksi budidaya ikan hias*. https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=prod_ikan_budidaya_ikan_hias_kab. Diakses pada 10 Agustus 2024.
- Kordi, M.G.H. (2013). *Farm Big Book Budidaya Ikan Konsumsi Di Air Tawar*. Lily Publisher.
- Kozlenko, R., & Henson, R. H. (1998). *Latest scientific research on spirulina*, Effect in the AIDS virus, cancer and the immune system (Online).
<http://www.health.library.com>. Diakses November 2024.
<https://inspiredliving.com/greenfoods/a~spirulina-immunesystem.htm>.
- Lesmana, P. A., Diniarti, N., & Setyono, B. D. H. (2019). Pengaruh penggunaan limbah budidaya ikan lele sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Perikanan*, 9(1), 50-56. <http://dx.doi.org/10.29303/jp.v9i1.136>.
- Lubis, Y. P. P. (2014). Jenis-jenis bakteri pada luka ikan patin (*Pangasius* sp.) (No Publikasi 54954)[Tesis, Universitas Sumatera Utara]. Repository Universitas Sumatera Utara.
- Lukistyowati, I., & Kurniasih. (2012). Pelacakan gen aerolysin dari *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas yang diberi pakan ekstrak bawang putih. *Jurnal Veteriner*, 13(1), 43-50. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jvet/article/view/2137>.
- Mulia, D. S. 2010. Isolasi, karakterisasi, identifikasi bakteri *Aeromonas* sp. penyebab penyakit *motile aeromonas septicemia* (MAS) pada gurami. *Jurnal Sains Akuatik*, 13(2), 9-17. <https://media.neliti.com/media/publications/221009-none.pdf>.
- Mulia, D. S., Apriyanti, W., Maryanto, H., & Purbomartono, C. (2012). Imunogenisitas antigen whole cell bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Sains Akuatik*, 14(1), 25-32. <https://media.neliti.com/media/publications/221007-none.pdf>.
- Mulia, D. S., Cahyono, P., & Juli, R. W. (2009). Optimasi dosis vaksin protein sitoplasma sel *Aeromonas hydrophila* untuk pengendalian penyakit mas (*Motile Aeromonas Septicemia*) pada gurami (*Osphronemus gouramy*

Lac.). *Sains Akuatik*, 12(1):27-38.
<https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/362901>.

- Nabib, R., & Pasaribu, F. H. (1989). *Patologi dan Penyakit Ikan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor.
https://perpustakaanbogor.politeknikaup.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=399.
- Ningrum, A. R. C. (2022). Identifikasi, prevalensi, dan intensitas ektoparasit pada ikan cupang (*Betta sp.*) dan maskoki *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) pada sebagian tempat penjualan ikan hias di Lampung (No Publikasi 66813)[Skripsi, Universitas Lampung]. Digilib Universitas Lampung.
- Nisaa, A. A. (2020). Identifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* serta pengaruhnya terhadap histologi organ ginjal pada ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) (No Publikasi 1476)[Skripsi, Universitas Hasanudin]. Repository Universitas Hasanudin.
- Nuraini, N., Mulyana., & F, S. Mumpuni. (2019). Pengaruh penambahan tepung *Spirulina platensis* dalam pakan terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan mas koki (*Carassius auratus*). *Jurnal Mina Sains*, 5(1): 50-57.
<https://ojs.unida.ac.id/jmss/article/view/1773>.
- Nuryati, S., Maswan, N. A., Alimuddin., Sukenda., Sumantadinata, K., Pasaribu, F. H., Soejoedono, R. D., & Santika, A. (2010). Gambaran darah ikan mas setelah divaksinasi dengan vaksin DNA dan diuji tantang dengan *Koi Herpes Virus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 9(1), 9-15. <https://pdfs.semanticscholar.org/b12e/3f69262abbf01ba1f222530a09c040cbab6c.pdf>.
- Parenrengi, A., Tenriulo, A., & Tampangallo, B. R. (2013). Uji tantang udang windu *Penaeus monodon transgenis* menggunakan bakteri patogen *Vibrio harveyi*: 226-233. *Konferensi akuakultur Indonesia*. Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau Maros.
<https://adoc.pub/download/uji-tantang-udang-windu-penaeus-monodon-transgenik-menggunakan.html>.
- Pelizer, L. H., Carvalho, J. C. M., & Sato, S. (2002). *Spirulina platensis* growth estimation by pH determination at different cultivations conditions. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5(3), 1-10. <http://dx.doi.org/10.2225/vol5-issue3-fulltext-8>.
- Pratama, D. (2017). Pengaruh ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap aktivitas lokomotor dan motilitas larva zebrafish (*Danio rerio*) yang

dipapar dengan etanol (No Publikasi 8424)[Disertasi, Universitas Brawijaya]. Repository Universitas Brawijaya.

- Puspasari, N. (2010). Efektivitas ekstrak rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) sebagai imunostimulan untuk pencegahan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan lele dumbo (*Clarias* sp.) (No Publikasi 59490)[Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Repository Institut Pertanian Bogor.
- Putra, G. P., Mulyana., & Mumpuni, F. S. (2015). Pengaruh pemberian ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb*) terhadap mortalitas dan gambaran benih ikan nilam (*Osteochilus hasselti*) dengan ujiantang menggunakan bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Mina Sains*, 1(2), 67-78. <https://doi.org/10.30997/jms.v1i2.12>.
- Qomariyah, N., Suprpto, H., & Sudarsono. (2017). Pemberian vaksin formalin killed cell (FKC) *Vibrio alginolyticus* untuk meningkatkan survival rate (SR), titer antibodi dan fagositosis leukosit pada kerapu cantang (*Epinephelus* sp.) setelah ujiantang bakteri *Vibrio alginolyticus*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 15-24. <https://e-journal.unair.ac.id/JIPK/article/view/7625>.
- Qomariyah, N. D. (2023). Prevalensi dan intensitas ektoparasit pada ikan mas koki (*Carassius auratus*) di Maju Mapan Farm, Kecamatan Ngluwar, Kabupaten Magelang (No Publikasi 13121)[Skripsi, Universitas Tidar]. Repository Universitas Tidar.
- Ragap, H. M., Rheyad, H., Khalil., & Mutawie, H. (2012). Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal Appl Pharm Sci*, 2(2), 26-31. https://japsonline-com.webpkgcache.com/doc/-/s/japsonline.com/admin/php/uploads/374_pdf.pdf
- Rahmaningsih, S. (2018). *Hama dan penyakit ikan*. Deepublish.
- Robert, R. J. (2012). *Fish Pathology*. Wiley-Blackwell. Iowa. <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5940/51/L-G-0000594051-0002363767.pdf>.
- Rosidah, R., Lili, W., Iskandar, I., & Afriliansyah, M. R. (2018). Efektivitas ekstrak daun kersen untuk pengobatan benih ikan nila yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(1), 10-18. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i1.23436>.

- Rosyanti, L., & Hadi, I. (2020). Respon imunitas dan badai sitokin severe acute respiratory syndrome corona virus 2 literatur review. *Jurnal Kesehatan Madani Medika*, 11(2), 176-201. <https://doi.org/10.36569/jmm.v11i2.122>.
- Royan, F., Rejeki, S., & Haditomo, A. H. C. (2014). Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap profil darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(2), 109-117. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/5239/5044>.
- Sakai, M. (1998). Current research status of fish immunostimulant. *Journal Aquaculture*, 172(19), 63-92. [https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1999Aquac.172...63S/doi:10.1016/S0044-8486\(98\)00436-0](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1999Aquac.172...63S/doi:10.1016/S0044-8486(98)00436-0).
- Saputra, I., & Indaryanto, F. R. (2018). Identifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada komoditas ikan yang dilalulintaskan menuju pulau sumatera melalui pelabuhan penyebrangan merak - banten. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2), 155-162. <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v8i2.6646>.
- Sarkar, A. (2012). *Facettes de Glycobioinformatique, Applications à l'étude des Interactions Protéines-Sucres*. (These). Université de Grenoble. Français. https://theses.hal.science/tel-00870801v1/file/pdf2star-1380803765-31102_SARKAR_2012_archivage.pdf.
- Selvaraj, V., Sampath, K., & Sekar, V. (2009). Administration of lipopolysaccharide increases specific and non-specific immune parameters and survival in carp (*Cyprinu scarpio*) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Journal Aquaculture*, 286(3-4), 176-183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.09.017>.
- Setiawati, M. (2004). *Kebutuhan Nutrient Pakan Peningkatan Daya Tahan Tubuh Ikan Dalam Akuakultur*. Makalah Falsafah Sains. Bogor. 702 hlm. https://www.rudycr.com/PPS702-ipb/09145/mia_setiawati.pdf.
- Setyawan, A., & Fidyandini, H. P. (2019). *Imunologi Ikan*. Anugrah Utama Raharja.
- Simanjuntak, S. B. I., Edy, Y., & Farida, N. R. (2004). Pengaruh penyuplemen spirulina dalam pakan terhadap hematologis ikan nilam (*Osteochilus hasselti*). *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 6(2), 84-88.
- SNI 77733 (2024). *Ikan hias mas koki Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) *Syarat mutu dan penanganan*. https://www.bsn.go.id/uploads/attachment/rsni3_7733.pdf.

- Suardana, I. B. K. (2017). *Diktat Immunologi Dasar Sistem Imun*. Universitas Udayana.
- Sudiono, J. (2014). *Sistem Kekebalan Tubuh*. Jakarta, EGC. 52-4 hlm.
https://www.researchgate.net/publication/317721579_Sistem_Kekebalan_Tubuh.
- Sudrajat, M., & Widi, S. (2020). *Pembenihan ikan mas koki*. Edisi pertama. Deepublish.
- Susana, D., Zakianis., Hermawati, E., & Adi, K. H. (2007). Pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai suplemen protein sel tunggal (PST) mencit (*Mus musculus*). *Makara Kesehatan*, 11(1), 44-49.
- Syaifudin, M., Carman, O., & Sumantadinata, K. (2004). Keragaman tipe sirip pada keturunan ikan mas koki strain lionhead. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 3(3), 1-4. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jai/article/view/3993/3301>.
- Sze, P. (1993). *A Biology of The Algae*, (2nd edt.). Wm. C. Brown Communication. Inc. Dubuguc. 260 ps.
<https://archive.org/details/biologyofalgae0000szep/page/n5/mode/2up>.
- Tsuki, Y. (2004). *Spirulina* sp., Cell Body μm Long, μm Wide, x 640. Near Nahoso Primary School, Kozutusmi, Kawagoe City, Saitama Pref. Japan.
http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/prokaryotes/oscillatoriaceae/Spirulina_2c.html.
- Utomo, N. B. P., Rahmatia, F., & Setiawati, M. (2012). Penggunaan *Spirulina platensis* sebagai suplemen bahan baku pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 11(1), 49-53.
- Viernanda, R., Andriani, Y., Rosidah., & Subhan, U. (2018). Efektivitas penambahan *Spirulina platensis* sebagai imunostimulan dalam pakan ikan koi (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(2), 64-71.
<https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/download/20516/9376>.
- Widanarni., Sukenda., & Ghita, R. S. (2016). Aplikasi sinbiotik untuk pencegahan infeksi *infectious myonecrosis virus* pada udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Kedokteran Hewan*, 108, 121-128. <http://dx.doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v10i2.5041>.

- Wijayanti, A., Harpeni, E., & Wardiyanto. (2017). Efektivitas pemberian bakteri probiotik *Bacillus* sp. D2.2 dan ekstrak ubi jalar sebagai sinbiotik terhadap serangan bakteri *Vibrio harveyi* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). (No Publikasi 28593) [Skripsi Universitas Lampung]. Digilib Universitas Lampung.
- Yanto, H., Hasan, H., & Sunarto. (2015). Studi hematologi untuk diagnosa penyakit ikan secara dini di sentra produksi budidaya ikan air tawar sungai Kapuas Kota Pontianak. *Jurnal Akuatika*, 4(1), 11-20. <https://jurnal.unpad.ac.id/akuatika/article/view/5960>.
- Yeganeh, S., Teimouri, M., & Amirkolaie, A. K. (2015). Dietary effects of *Spirulina platensis* on hematological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Vet Sci*, 101, 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.002>.
- Yin, G., Jeney, G., Racs, T., Xu, P., Jun, X., & Jeney, Z. (2006). Effect of two Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Scutellaria radix*) on nonspecific immune system of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 253, 39-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.038>.
- Yuhana, M., Normalina, I., & Sukenda (2008). Pemanfaatan ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) untuk pencegahan dan pengobatan pada ikan patin (*Pangasionodon hypophthalmus*) yang diinfeksi *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 7(1), 95-107. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jai/article/download/4043/2779/>.
- Yulistia, F., Lukistyowati, I., & Riau waty, M. (2014). Pengaruh penambahan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb*) pada pakan terhadap total eritrosit, hematokrit, hemoglobin dan pertumbuhan ikan baung (*Mystus nemurus*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 2(1), 1-8. <https://media.neliti.com/media/publications/202960-none.pdf>.
- Yulita. (2002). Efektifitas bubuk daun jambu biji (*Psidium guajava L.*), daun sirih (*Piper betle L.*), dan daun sambiloto (*Andropogon paniculata (Burn F.) Nees*) untuk pencegahan dan pengobatan pada ikan lele dumbo (*Clarias sp.*) yang terinfeksi dengan bakteri *Aeromonas hydrophila* (No Publikasi 19494)[Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Repository Institut Pertanian Bogor.
- Yuniar, V. (2009). Toksisitas merkuri (Hg) terhadap tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan, gambaran darah dan kerusakan organ pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (No Publikasi 14185)[Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Repository Institut Pertanian Bogor.