

**RESPON IMUN NON-SPESTFIK IKAN LELE (*Clarias sp.*) YANG DIBERI  
PAKAN BERBAHAN BAKU *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS)  
DAN TAURIN**

**Skripsi**

**Oleh**

**RINDI AMELIA  
2014111002**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### RESPON IMUN NON-SPEKIFIK IKAN LELE (*Clarias sp.*) YANG DIBERI PAKAN BERBAHAN BAKU *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) DAN TAURIN

OLEH

RINDI AMELIA

*Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan taurin merupakan bahan pakan potensial sebagai bahan pakan alternatif pengganti tepung ikan guna mencegah serangan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin terhadap respon imun non-spesifik ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (DDGS% : taurin%): Kontrol: (0 : 0); P1: (5 : 0,5); P2: (5 : 0); P3: (10 : 0,5); P4: (15 : 1,0); P5: (20 : 1,5) dan 3 ulangan yang diberikan pada ikan lele dengan berat dan panjang awal 4,06 g dan 9,20 cm selama 60 hari. Lalu, dilanjutkan dengan ujiantang selama 7 hari. Sampling respon imun non-spesifik dilakukan pada H60 dan pasca ujiantang pada H1, H3, dan H5 dengan diambil 6 dan 3 ekor pada masing-masing perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan setelah 60 hari memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kadar hematokrit (14,35-22,34%), total eritrosit ( $2,47-9,70 \times 10^5 \text{sel/mm}^3$ ), aktivitas fagositosis (30,00-47,67%) dan indeks fagositosis (1,41-1,71) ( $P < 0.05$ ) dan tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total leukosit ( $43,63-55,48 \times 10^3 \text{sel/mm}^3$ ) ( $P > 0.05$ ) ikan lele. Kemudian, pasca ujiantang kelima variabel (kadar hematokrit: 14,52-23,31%; total eritrosit:  $3,40-9,77 \times 10^5 \text{sel/mm}^3$ ; total leukosit:  $32,68-59,37 \times 10^3 \text{sel/mm}^3$ ; aktivitas fagositosis: 18,00-44,33%; indeks fagositosis: 1,29-1,77) tidak dipengaruhi oleh perlakuan. Kesimpulan mengindikasikan bahwa perlakuan yang diujikan dapat meningkatkan respon imun non-spesifik ikan lele dan setelah diinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan kemampuan memproduksi imun non-spesifik yang sama untuk semua perlakuan.

Kata kunci : DDGS, Pakan ikan, respon imun non-spesifik, *Staphylococcus aureus*, taurin.

## ABSTRACT

### NON-SPECIFIC IMMUNE RESPONSE OF CATFISH FED FEED MADE FROM *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) AND TAURINE

BY

RINDI AMELIA

Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) and taurine are potential feed ingredients as alternative feed ingredients as replace fish meal to prevent fish disease attacks. The study aimed to evaluate the effect of feeding DDGS and taurine on the non-specific immune response toward *Staphylococcus aureus* bacterial infection of catfish juvenile. The research method used a completely randomized design (CRD) with 6 treatments (DDGS%: taurine%): Control: (0: 0); P1: (5: 0.5); P2: (5: 0); P3: (10: 0.5); P4: (15: 1.0); P5: (20: 1.5) and 3 replications given to catfish with an initial weight and length of 4.06 g and 9.20 cm for 60 days. Then, continued with a challenge test for 7 days. Sampling of non-specific immune responses was conducted on H60 and post-challenge test on H1, H3, and H5 by taking 6 and 3 fish in each treatment. The results showed that the treatment had a significantly different effect on hematocrit levels (14.35-22.34%), total erythrocytes ( $2.47-9.70 \times 10^5$  cells/mm<sup>3</sup>), phagocytosis activity (30.00-47.67%) and phagocytosis index (1.41-1.71) ( $P < 0.05$ ) and did not have a significantly different effect on total leukocytes ( $43.63-55.48 \times 10^3$  cells/mm<sup>3</sup>) ( $P > 0.05$ ) of catfish. Then, after the challenge test, the five variables (hematocrit level: 14.52-23.31%; total erythrocytes:  $3.40-9.77 \times 10^5$  cells/mm<sup>3</sup>; total leukocytes:  $32.68-59.37 \times 10^3$  cells/mm<sup>3</sup>; phagocytosis activity: 18.00-44.33%; phagocytosis index: 1.29-1.77) were not affected by the treatment. The conclusion indicates that the treatment can increase the non-specific immune response of catfish juvenile and after being infected with *Staphylococcus aureus* bacteria showed the same ability to produce immunity response.

Keywords: DDGS, Fish feed, non-specific immune response, *Staphylococcus aureus*, taurine.

**RESPON IMUN NON-SPEKIFIK IKAN LELE (*Clarias sp.*) YANG DIBERI  
PAKAN BERBAHAN BAKU *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS)  
DAN TAURIN**

Oleh

**RINDI AMELIA**

**Skripsi**

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

**Pada  
Jurusan Perikanan dan Kelautan  
Fakultas Pertanian**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Respon Imun Non-Spesifik Ikan Lele (*Clarias sp.*)  
yang diberi Pakan Berbahan Baku *Distillers Dried  
Grains with Solubles (DDGS)* dan Taurin

Nama Mahasiswa : Rindi Amefia

NPM : 2014111002

Program Studi : Budidaya Perairan


Jurusan : Perikanan dan Kelautan

Fakultas : Pertanian




1. Komisi Pembimbing

  
**Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**  
NIP. 196402151996032001

  
**Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.**  
NIP. 198512232020121008

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

  
**Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D**  
NIP. 198309232006042001



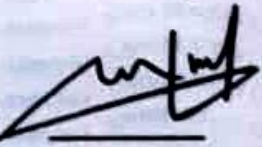
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

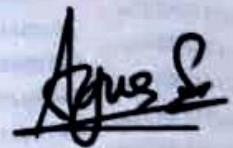
**Ketua : Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**



**Sekretaris : M. A. S. Wahid Yusup, S.Pi, M.Si**



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



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dekan Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NID. 19641118 198902 1 002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Desember 2024**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rindi Amelia

NPM : 2014111002

Judul Skripsi : Respon Imun Non-Spesifik Ikan Lele (*Clarias sp.*) yang diberi Pakan Berbahan Baku *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan Taurin

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis adalah murni hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya dapatkan. Karya ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila dikemudian hari terbukti ditemukan kecurangan dalam karya ini, maka saya siap bertanggung jawab.

Bandar Lampung,  
Yang membuat pernyataan,



**Rindi Amelia**  
NPM. 2014111002

## RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Rindi Amelia. Lahir pada tanggal 20 Maret 2002 di Bandar Jaya Barat, Lampung Tengah yang merupakan anak kedua dari empat bersaudara pasangan Bapak Isprianto dan Ibu Zulkaidah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK AT-TAQWA (2007-2008), SD Negeri 3 Bandar Jaya (2008-2014), SMP Negeri 3 Terbanggi Besar (2014-2017), dan SMA Negeri 1 Terbanggi Besar (2017-2020). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan strata-1 pada program studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan magang mandiri di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) tahun 2022 dan menjadi asisten dosen pada mata kuliah Fisiologi Perkembangan Larva Ikan tahun 2023. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi tingkat jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai Sekretaris Bidang Kewirausahaan Periode Kepengurusan Tahun 2023. Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Bumi Hantatai, Kecamatan Bandar Negeri Suoh, Lampung Barat pada bulan januari-februari tahun 2023. Penulis mengikuti program kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) riset di Laboratorium Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode ganjil 2023.



## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT tuhan seluruh semesta alam atas limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Kedua orangtua tercinta yang senantiasa memberikan doa dan dukunganya. Terima kasih atas doa, semangat, nasihat dan kasih sayang yang tiada henti. Semoga selalu Allah SWT berikan kesehatan dan keberkahan.

Kepada sahabat dan teman-teman yang selalu menemani dan memberikan dukungan selama ini.

&

Almamater tercinta  
Universitas Lampung

## MOTTO

Ketika aku melibatkan Allah dalam setiap rencana dan impianku, dengan penuh kesabaran, keikhlasan, dan keyakinan aku percaya bahwa bantuan Allah akan selalu ada.

(Tiktok)

*“ma, doain aku ya”*

Kalimat sederhana yang menenangkan.

(Rindi)

Berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu sebagai manusia

(Hindia)

Dont say mustahil but,

Tapi kata Allah “mustahilpun jika kamu memintanya dengan sungguh-sungguh, itu akan menjadi milikmu”

(Tiktok)

## SANWACANA

*Alhamdulillahirobbil'alamin* segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang senantiasa dinantikan syafaatnya kelak. Skripsi ini berjudul “Respon Imun Non-Spesifik Ikan Lele (*Clarias sp.*) yang diberi Pakan Berbahan Baku *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan Taurin” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan kepada semua pihak untuk dapat memberikan kritik yang membangun untuk perbaikan dalam penulisan skripsi ini agar lebih baik lagi.

Penyusunan skripsi ini tidak luput dari banyaknya bantuan doa, tenaga, serta bimbingan dari berbagai pihak selama pelaksanaannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P selaku dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung untuk hibah Penelitian Berbasis Merdeka Belajar Kampus Merdeka Universitas Lampung diketuai oleh Limin Santoso, S.Pi., M.Si., dengan nomor kontrak 907/UN26.21/PN/2023.
3. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P., selaku Ketua Program Studi Budidaya Per-

airan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan dukungan, kritik, dan saran sebagai perbaikan dalam penulisan skripsi ini.

5. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan dukungan, bimbingan, kritik, dan saran selama proses penyelesaian skripsi ini.
6. Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan dukungan, bimbingan, kritik, dan saran selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. Dosen-dosen dan para staf administrasi Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan bantuan dalam penyelesaian studi dan skripsi.
8. Kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan, nasehat, kasih sayang, dan doa yang tiada henti sehingga penulis bisa menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
9. Awa dan Nia yang selalu memberikan dukungan, doa dan sabar mendengarkan keluh kesah penulis saat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman DOAKAN (aqilah, shinta, astrid, nia, dan awa) yang senantiasa kebersamai selama perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.
11. Rani, Pipit dan Garin yang membantu dan kebersamai selama perkuliahan dan penelitian.
12. Tim Penelitian DDGS yang memberikan dukungan dan bekerja sama melaksanakan penelitian.
13. Seluruh rekan angkatan tahun 2020, baik teman kelas di Program Studi Budidaya Perairan ataupun luar program studi yang selalu memberikan dukungan dan saling membantu selama perkuliahan dan penelitian.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan dan perlindungan atas balasan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun semoga skripsi ini dapat berguna dan memberikan manfaat.

Bandar Lampung, Februari 2025

Rindi Amelia



## DAFTAR ISI

|                                                                           | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                                   | v       |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                                | viii    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                                 | ix      |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                              | x       |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....                                               | 1       |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                  | 1       |
| 1.2 Tujuan .....                                                          | 4       |
| 1.3 Manfaat .....                                                         | 4       |
| 1.4 Kerangka Pikir .....                                                  | 4       |
| 1.5 Hipotesis .....                                                       | 6       |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                         | 8       |
| 2.1 Pakan .....                                                           | 8       |
| 2.2 Tepung Ikan .....                                                     | 9       |
| 2.3 Tepung DDGS .....                                                     | 9       |
| 2.4 Proses Produksi Distillers Dried Grains with Solubles<br>(DDGS) ..... | 11      |
| 2.5 Taurin .....                                                          | 13      |
| 2.6 Sistem Imunitas Pada Ikan .....                                       | 14      |
| 2.7 Biologi Ikan .....                                                    | 15      |
| 2.7.1 Klasifikasi Ikan Lele .....                                         | 15      |
| 2.7.2 Morfologi Ikan Lele .....                                           | 16      |
| 2.7.3 Habitat Ikan Lele .....                                             | 16      |
| 2.8 Biologi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....                    | 17      |
| 2.8.1 Klasifikasi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....              | 17      |

|             |                                                          |           |
|-------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8.2       | Morfologi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....     | 18        |
| 2.8.3       | Patogenesitas Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ..... | 18        |
| <b>III.</b> | <b>METODELOGI PENELITIAN</b> .....                       | <b>20</b> |
| 3.1         | Waktu dan Tempat .....                                   | 20        |
| 3.2         | Alat dan Bahan .....                                     | 20        |
| 3.3         | Rancangan Penelitian .....                               | 22        |
| 3.4         | Tahapan Penelitian .....                                 | 23        |
| 3.4.1       | Pembuatan Pakan .....                                    | 23        |
| 3.4.2       | Persiapan Wadah Penelitian .....                         | 25        |
| 3.4.3       | Persiapan Ikan Uji .....                                 | 25        |
| 3.4.4       | Pemeliharaan Ikan .....                                  | 25        |
| 3.4.5       | Sampling .....                                           | 25        |
| 3.4.6       | Penentuan <i>Lethal Dose</i> ( $LD_{50}$ ) .....         | 26        |
| 3.4.7       | Uji Tantang .....                                        | 26        |
| 3.5         | Parameter yang Diamati .....                             | 26        |
| 3.5.1       | Kadar Hematokrit .....                                   | 26        |
| 3.5.2       | Total Eritrosit .....                                    | 27        |
| 3.5.3       | Total Leukosit .....                                     | 27        |
| 3.5.4       | Aktivitas dan Indeks Fagositosis .....                   | 28        |
| 3.5.5       | Gejala Klinis .....                                      | 29        |
| 3.6         | Analisis Data .....                                      | 29        |
| <b>IV.</b>  | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                        | <b>30</b> |
| 4.1         | Hasil .....                                              | 30        |
| 4.1.1       | Kadar Hematokrit .....                                   | 30        |
| 4.1.2       | Total Eritrosit .....                                    | 30        |
| 4.1.3       | Total Leukosit .....                                     | 31        |
| 4.1.4       | Aktivitas Fagositosis .....                              | 32        |
| 4.1.5       | Indeks Fagositosis .....                                 | 33        |
| 4.1.6       | Gejala Klinis .....                                      | 34        |
| 4.2         | Pembahasan .....                                         | 35        |
| <b>V.</b>   | <b>SIMPULAN DAN SARAN</b> .....                          | <b>40</b> |
| 5.1         | Simpulan .....                                           | 40        |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 5.2 Saran .....             | 40 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 41 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....       | 53 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Kerangka pikir penelitian .....                                                    | 5       |
| 2. Tepung ikan .....                                                                  | 9       |
| 3. Tepung DDGS .....                                                                  | 10      |
| 4. Proses produksi etanol jagung giling kering .....                                  | 11      |
| 5. Taurin .....                                                                       | 13      |
| 6. Morfologi ikan lele .....                                                          | 15      |
| 7. <i>Staphylococcus aureus</i> .....                                                 | 17      |
| 8. Tata letak wadah penelitian .....                                                  | 22      |
| 9. Alur pembuatan pakan .....                                                         | 23      |
| 10. Timeline penelitian .....                                                         | 26      |
| 11. Bilik hitung <i>haemocytometer</i> eritrosit .....                                | 27      |
| 12. Bilik hitung <i>haemocytometer</i> leukosit .....                                 | 28      |
| 13. Gejala klinis ikan lele yang diinfeksi bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i> ..... | 35      |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                                         | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Alat yang digunakan .....                                                                  | 20      |
| 2. Bahan yang digunakan .....                                                                 | 21      |
| 3. Formulasi pakan .....                                                                      | 24      |
| 4. Uji proksimat pakan .....                                                                  | 24      |
| 5. Kadar hematokrit ikan lele sebelum dan sesudah infeksi<br>sesuai hari pengamatan.....      | 30      |
| 6. Total eritrosit ikan lele sebelum dan sesudah infeksi<br>sesuai hari pengamatan.....       | 31      |
| 7. Total leukosit ikan lele sebelum dan sesudah infeksi<br>sesuai hari pengamatan.....        | 31      |
| 8. Aktivitas fagositosis ikan lele sebelum dan sesudah infeksi<br>sesuai hari pengamatan..... | 32      |
| 9. Indeks fagositosis ikan lele sebelum dan sesudah infeksi<br>sesuai hari pengamatan.....    | 33      |
| 10. Pengamatan gejala klinis ikan lele selama ujiantang .....                                 | 34      |



## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                                                                     | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Uji statistik kadar hematokrit .....                                                      | 54      |
| 2. Uji statistik total eritrosit .....                                                       | 58      |
| 3. Uji statistik total leukosit .....                                                        | 62      |
| 4. Uji statistik aktivitas fagositosis .....                                                 | 66      |
| 5. Uji statistik indeks fagositosis .....                                                    | 70      |
| 6. Uji LD <sub>50</sub> .....                                                                | 74      |
| 7. Jumlah kematian ikan selama pengamatan uji tantang (ekor) .....                           | 75      |
| 8. Rekapitulasi data kematian ikan setelah uji tantang .....                                 | 75      |
| 9. Gejala klinis yang muncul pada perlakuan selama masa uji tantang                          | 76      |
| 10. Skorsing gejala klinis ikan selama masa pengamatan uji tantang .....                     | 77      |
| 11. Gambar tabung hematokrit .....                                                           | 79      |
| 12. Gambar sel darah pada proses aktivitas dan indeks fagositosis<br>dibawah mikroskop ..... | 79      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pakan merupakan salah satu komponen penting dalam usaha budidaya, karena merupakan sumber energi untuk menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Di sisi lain, pakan merupakan komponen terbesar sekitar 50-70% dari biaya produksi (Yanuar, 2017). Peningkatan kapasitas budidaya secara langsung berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan pakan. Pakan harus mengandung nutrisi tinggi untuk mendorong dan meningkatkan pertumbuhan ikan lebih cepat. Pilihan utama sumber protein hewani dalam formulasi pakan ikan adalah tepung ikan karena memiliki kecernaan (*digestibility*) dan tingkat kesukaan (*palatability*) yang baik (Fauzi & Sari, 2018).

Sumber utama protein pakan ikan umumnya masih bertumpu pada penggunaan tepung ikan. Tepung ikan merupakan faktor penentu kualitas pakan buatan dan sumber protein hewani yang banyak digunakan dalam pembuatan pakan ikan. Tingginya jumlah tepung ikan yang diimpor menyebabkan harganya menjadi cukup mahal (Utomo *et al.*, 2013). Tepung ikan merupakan komoditas impor yang cukup tinggi baik secara volume maupun nilai pada tahun 2022 dengan volume impor sebesar 27.741 ton dan nilai impor sebesar USD 27,74 juta (KKP, 2022). Oleh karena itu, perlu dicari sumber protein hewani alternatif sebagai pengganti tepung ikan.

*Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) merupakan hasil samping industri penyulingan etanol yang berbahan dasar jagung. Pada proses pembuatan etanol dihasilkan residu yang diperoleh setelah jagung yang sudah digiling dan difermentasikan oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* mengalami proses destilasi. Residu-residu tersebut kemudian dipadatkan dan dikeringkan hingga menjadi 75% dari

bobot awal (Suprayudi *et al.*, 2013). DDGS mengandung protein dan lemak relatif tinggi, masing-masing 27% dan 9%, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi maupun protein (Tangendjaja, 2008). Pada ikan dilaporkan bahwa benih ikan gurami (*Osphronemus goramy* Lac.) dapat memanfaatkan DDGS jagung sebesar 20% dalam pakannya (Suprayudi *et al.*, 2013) dan pada ikan kerapu tikus (*Cromileptes altivelis*) dapat memanfaatkan dengan baik pakan yang mengandung DDGS dan homini sebesar 10,13% (Suprayudi *et al.*, 2011). Pada ikan lele hibrid DDGS dapat dimanfaatkan hingga level 30% tanpa penambahan lisin (Zhou *et al.*, 2010).

Taurin adalah jenis asam amino non-protein dalam bentuk asam amino bebas yang memiliki berbagai fungsi fisiologis seperti homeostatis kalsium, regulasi osmotik, stabilitas membran, dan fungsi antioksidan serta antiinflamasi (Shi *et al.*, 2021). Hingga saat ini, efektivitas taurin sebagai atraktan pakan telah dilaporkan pada banyak spesies perairan. Koven *et al.*, (2016) melaporkan bahwa penambahan taurin (1,1-2,2%) secara signifikan meningkatkan pertambahan berat basah ikan kerapu putih remaja *Epinephelus aeneus*, dan mempengaruhi kandungan asam lemak di hati dan mata. Dong *et al.*, (2018) juga melaporkan bahwa suplemen taurin yang sesuai (0,4-0,8%) penting untuk meningkatkan pertumbuhan, mengatur kekebalan, dan meningkatkan kapasitas antioksidan pada kepiting mitten Cina *Eriocheir sinensis*. Oleh karena itu, taurin telah dianggap sebagai asam amino fungsional yang penting dalam nutrisi hewan akuatik (Li *et al.*, 2022).

Lele merupakan ikan air tawar yang digemari masyarakat, karena selalu tersedia di pasar, harga terjangkau dikisaran Rp. 20.000 -Rp. 25.000/kg mengandung nutrisi tinggi dengan kadar protein 17,7% dan lemak 4,8% (Wibawa, 2010). Berdasarkan SNI (2022), lele membutuhkan pakan dengan kadar protein minimal 35% untuk benih ikan lele dan pada pembesaran minimal 30%. Kualitas pakan dan media budidaya merupakan faktor yang menunjang pertumbuhan lele (Sebayang *et al.*, 2020). Untuk mengurangi biaya pakan, penggunaan bahan baku lokal dengan kandungan nutrisi yang tinggi perlu dilakukan sehingga biaya produksi bisa ditekan. Bahan baku lokal yang digunakan sebagai pengganti tepung

ikan adalah DDGS yang merupakan limbah dari industri penyulingan etanol yang berbahan dasar jagung sehingga harganya lebih murah. Dalam budidaya ikan diperlukan manajemen yang baik untuk menghasilkan komoditas yang berkualitas. Salah satu kendala dalam dalam proses budidaya yaitu penyakit yang dapat mengganggu produktivitas budidaya. Penyakit yang sering dijumpai pada budidaya baik pembenihan maupun pembesaran adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri (Gevira, 2022).

Penyakit bakteri yang menyerang ikan lele merupakan salah satu jenis penyakit infeksius (Suwarno *et al.*, 2014). Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram positif yang tergolong sebagai bakteri patogen (Retnowati *et al.*, 2011). Menurut Khafagy *et al.*, (2017) ikan lele yang terserang bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan gejala klinis insang pucat, anoreksia, kelesuan, disorientasi, lesi kulit dengan perubahan warna kulit yang terkait dengan perkembangan berbagai bercak ulserasi dan pendarahan serta sekresi lendir yang berlebihan pada kulit dan insang. Beberapa kasus lain menunjukkan *exophthalmia*, atau lesi pada epidermis dan sirip (Shih-Ling *et al.*, 1999). Bakteri *Staphylococcus aureus* yang disuntikkan pada ikan gurami dapat membuat ikan menjadi sakit dan menunjukkan gejala klinis yang dapat dilihat secara morfologi yakni *exophthalmia* (mata menonjol) (Yanti *et al.*, 2015).

Salah satu cara untuk mencegah serangan penyakit pada ikan budidaya yaitu dengan pemenuhan asupan nutrisi yang lengkap. Asupan nutrisi merupakan hal yang penting dalam sistem imun tubuh, contohnya asupan nutrisi seperti vitamin dan mineral diperlukan dalam pengaturan sistem imunitas. *Docosahexaenoic acid* (DHA) dan asam arakidonat mempengaruhi maturasi (pematangan) sel T (limfosit T). Protein diperlukan dalam pembentukan imunoglobulin dan komplemen (Arief & Anasagi, 2019). Pemenuhan asupan protein dalam pakan diharapkan mampu menjadi solusi untuk menanggulangi permasalahan penyakit pada ikan dengan meningkatkan imun non-spesifik. DDGS dapat digunakan sebagai bahan pakan sumber protein yang potensial untuk dijadikan pakan ikan untuk memenuhi asupan nutrisi guna mencegah serangan penyakit.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian pakan berbahan baku *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan taurin terhadap respon imun non-spesifik ikan lele (*Clarias sp.*) sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah disebutkan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai pengembangan ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan tepung *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan taurin dalam pakan terhadap respon imun non-spesifik pada ikan lele (*Clarias sp.*) sebelum dan sesudah diinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

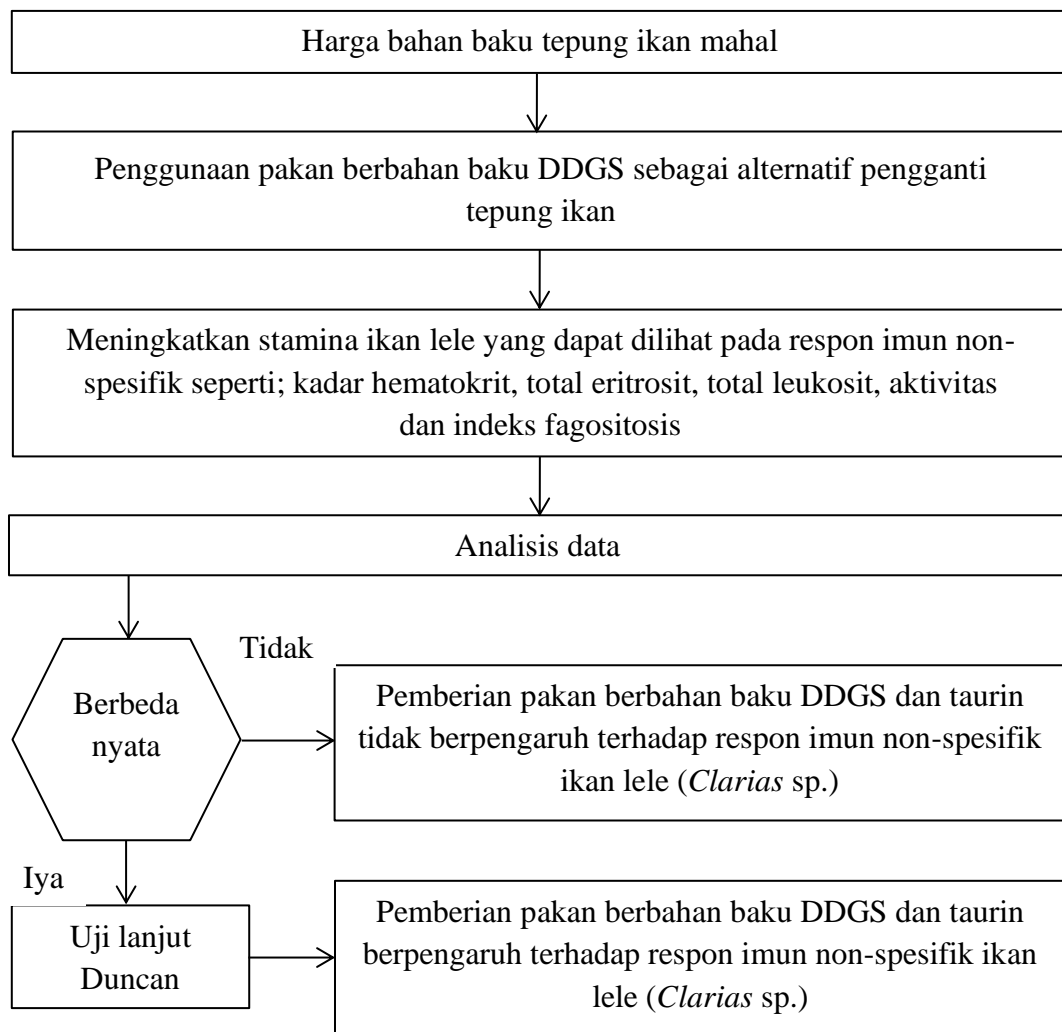
## 1.4 Kerangka Pikir

Pakan merupakan salah satu komponen penting dalam usaha budidaya sebagai sumber energi untuk menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Pakan merupakan komponen terbesar yaitu sekitar 50-70% dari biaya produksi (Yanuar, 2017). Pilihan utama sumber protein dalam formulasi pakan ikan adalah tepung ikan, karena memiliki tingkat daya cerna (*digestibility*) dan tingkat kesukaan (*palatability*) yang baik (Fauzi & Sari, 2018). Tepung ikan merupakan salah satu bahan baku sumber protein hewani yang dibutuhkan dalam komposisi makanan ternak dan ikan. Protein hewani tersebut disusun oleh asam-asam amino esensial yang kompleks diantaranya, asam amino lisin dan methionin. Disamping itu, tepung ikan juga mengandung mineral (Tampubolon *et al.*, 2018). Namun, kendala dalam pembuatan pakan dengan bahan baku tepung ikan adalah tepung ikan masih merupakan komoditas impor sehingga harganya yang cukup mahal bagi pengusaha budidaya.

Perlu adanya bahan pakan alternatif sebagai pengganti tepung ikan untuk mengurangi biaya pakan, penggunaan bahan baku lokal dengan kandungan nutrisi yang tinggi perlu dilakukan sehingga biaya produksi bisa ditekan. Bahan baku lokal yang digunakan sebagai pengganti tepung ikan adalah DDGS yang merupakan limbah dari industri penyulingan etanol yang berbahan dasar jagung sehingga



harganya lebih murah. DDGS dapat berfungsi sebagai sumber protein maupun energi. DDGS mengandung protein dan lemak relatif tinggi, masing-masing 27% dan 9%, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi maupun protein (Tangendjaja, 2008). Protein diperlukan dalam pembentukan imunoglobulin dan komplemen. Asupan nutrisi merupakan hal yang penting dalam sistem imun tubuh, contohnya asupan nutrisi seperti vitamin dan mineral diperlukan dalam pengaturan sistem imunitas (Arief & Anasagi, 2019). Ilustrasi kerangka pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

### a. Kadar Hematokrit

H<sub>0</sub> : semua  $\tau_i = 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kadar hematokrit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

H<sub>1</sub> : minimal terdapat satu  $\tau_i \neq 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kadar hematokrit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

### b. Total Eritrosit

H<sub>0</sub> : semua  $\tau_i = 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total eritrosit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

H<sub>1</sub> : minimal terdapat satu  $\tau_i \neq 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total eritrosit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

### c. Total Leukosit

H<sub>0</sub> : semua  $\tau_i = 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total leukosit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

H<sub>1</sub> : minimal terdapat satu  $\tau_i \neq 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap total leukosit pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

d. Aktivitas dan Indeks Fagositosis

H<sub>0</sub> : semua  $\tau_i = 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap aktivitas dan indeks fagositosis pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

H<sub>1</sub> : minimal terdapat satu  $\tau_i \neq 0$  : Pemberian pakan berbahan baku DDGS dan taurin memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap terhadap aktivitas dan indeks fagositosis pada ikan lele sebelum dan sesudah infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pakan

Pakan merupakan sumber nutrisi yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan organisme akuatik. Pakan dengan nutrisi yang baik akan mendorong pertumbuhan organisme akuatik menjadi lebih optimal. Selain itu, nutrisi pakan juga berperan penting mengontrol sistem metabolisme tubuh dan membantu menjaga sistem imunitas organisme akuatik dari serangan penyakit (Rusydi *et al.*, 2017). Kandungan nutrisi dalam pakan yang dibutuhkan oleh ikan pada umumnya diformulasikan dari bahan mentah nabati dan hewani secara bersama-sama untuk mencapai kandungan nutrisi yang seimbang. Secara fisiologis pakan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, sumber energi, gerak dan reproduksi (Prajayati *et al.*, 2020).

Pakan ikan harus memiliki sifat fisik dan mekanik yang sesuai dengan kebutuhan ikan. Karakteristik pakan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup pada ikan serta menentukan tingkat penerimaan pada para pembudidaya ikan. Syarat pakan yang berkualitas tinggi adalah yang memiliki kandungan nutrisi yang lengkap, mudah dicerna oleh ikan dan tidak mengandung zat-zat berbahaya bagi ikan (Yunaidi *et al.*, 2019). Di samping itu, pakan harus memiliki bentuk fisik yang tahan lama serta mampu bertahan selama proses penanganan dan pengangkutan. Secara umum pakan ikan dibagi menjadi dua, yaitu pakan alami dan pakan buatan. Pakan alami tersedia dalam bentuk hidup dengan kandungan protein tertentu yang disesuaikan dengan ukuran mulut ikan (Safitri *et al.*, 2020). Sedangkan pakan buatan merupakan pakan yang dibuat dengan formulasi tertentu berdasarkan pertimbangan kebutuhan nutrisi ikan. Pakan yang diberikan pada ikan dinilai baik atau tidaknya dilihat dari komponen penyusun pakan tersebut tetapi juga dilihat dari seberapa besar komponen yang terkandung didalam

pakan mampu diserap dan dimanfaatkan oleh ikan (Prajayati *et al.*, 2020).

## 2.2 Tepung Ikan

Tepung ikan merupakan bahan baku paling umum dalam pembuatan pakan ikan dan merupakan sumber protein utama yang belum tergantikan. Umumnya tepung ikan mengandung protein berkisar 60% (Handajani & Widodo, 2010). Protein hewani tersebut disusun oleh asam-asam amino esensial yang kompleks diantaranya, asam amino lisin dan methionin. Disamping itu, juga mengandung mineral (Tampubolon *et al.*, 2018). Sumber utama protein pakan ikan umumnya masih bertumpu pada penggunaan tepung ikan. Tepung ikan merupakan faktor penentu kualitas pakan buatan dan sumber protein hewani yang banyak digunakan dalam pembuatan pakan ikan. Tingginya jumlah tepung ikan yang impor menyebabkan harga tepung semakin mahal sehingga menjadikan suatu kendala bagi perkembangan usaha perikanan. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan alternatif sumber protein hewani yang harganya relatif murah, tersedia setiap waktu, dan kualitasnya baik (Utomo *et al.*, 2013). Karakteristik tepung ikan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tepung ikan

## 2.3 Tepung DDGS

*Corn Dried Distillers Grains with Solubles* (Corn-DDGS) atau yang biasa disebut dengan DDGS merupakan limbah pembuatan etanol berbahan dasar jagung me-

lalui proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi pada jagung adalah proses perubahan pati jagung menjadi etanol dan CO<sub>2</sub>, sehingga komponen bahan lainnya seperti protein, lemak, serat, dan mineral akan diperoleh kembali dalam DDGS. Peningkatan permintaan etanol dunia menyebabkan banyak pabrik didirikan untuk mensuplai permintaan pasar, dengan demikian akan semakin banyak pula DDGS yang dihasilkan (Widyatmoko *et al.*, 2013). DDGS yang dihasilkan dari pabrik produksi etanol mendapat nilai yang lebih rendah daripada jagung meskipun DDGS memiliki manfaat yang lebih tinggi daripada jagung sebagai bahan pakan (Shad *et al.*, 2021). Karakteristik tepung DDGS dapat dilihat pada Gambar 3.



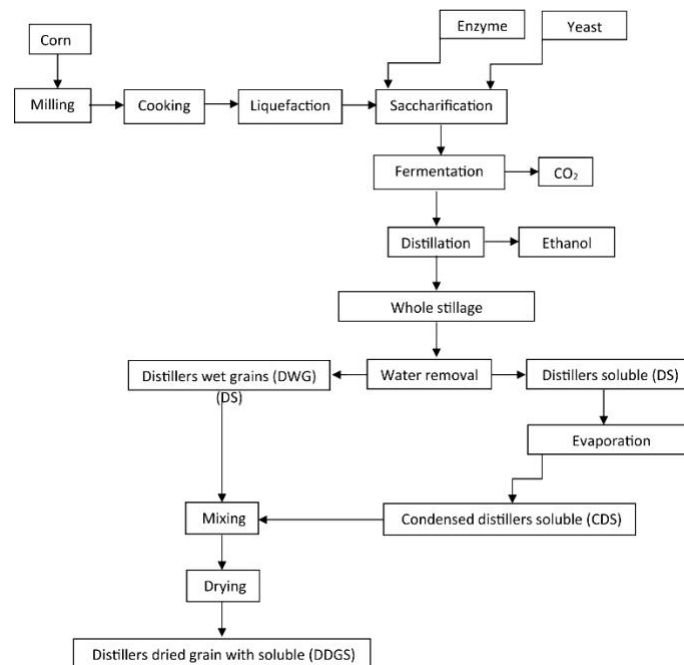
Gambar 3. Tepung DDGS

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan DDGS dalam pakan ikan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan dan mengurangi dampak negatif budidaya perikanan terhadap lingkungan (Oliveira *et al.*, 2020), hal ini disebabkan oleh ragi selama fermentasi, yang memiliki beberapa efek pada perkembangan ikan dengan mempercepat pematangan sistem pencernaan, dan memiliki efek prebiotik dan probiotik, dimana ia merupakan sumber yang kaya akan asam nukleat, mannan oligosakarida dan  $\beta$ -glukan, dan biasanya protein dalam DDGS mengandung sekitar 50% ragi (Goda *et al.*, 2019). Ragi yang tersedia dalam DDGS dapat memperkuat sistem imun pada ikan, sehingga ikan menjadi kebal terhadap penyakit (Lim *et al.*, 2011 ). DDGS yang ditambahkan hingga 20-40%

dalam pakan ikan lele (*Ictalurus pinctatus*), secara signifikan meningkatkan sistem imun ikan dengan meningkatkan imunoglobulin dalam darah (Shad *et al.*, 2021; Lim *et al.*, 2009).

#### 2.4 Proses Produksi *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS)

Biji jagung mengalami penggilingan untuk mengurangi ukuran partikel dengan mesin *hammer mill* menjadi bubuk kasar guna memaksimalkan hasil etanol karena peningkatan aksesibilitas nutrisi oleh mikroba dan enzim secara lebih efisien (Zeng *et al.*, 2007) dan memfasilitasi penetrasi air selama proses pemasakan (Kim, *et al.*, 2008; Rausch & Belyea, 2006). Setelah menambahkan air dan sisa hasil daur ulang untuk membantu pelindian protein yang larut, gula, dan lipid yang tidak terikat pati, campuran tersebut dimasak (40-60°C dalam tangki pra-pencampuran, 90-165°C untuk pemasakan, dan 60°C untuk pencairan); bersamaan dengan penambahan enzim amilolitik (amilase) untuk menghidrolisis pati menjadi glukosa (Vohra *et al.*, 2014); ini membantu mengubah glukosa menjadi etanol dengan mudah oleh ragi. Proses produksi etanol jagung giling kering dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses produksi etanol jagung giling kering

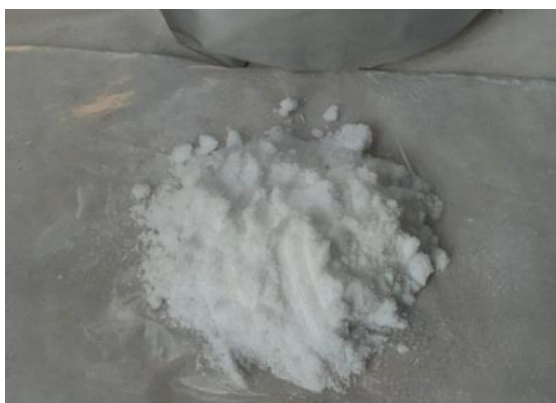
Campuran tersebut kemudian dimasak pada *jet cooker* pada suhu 120°C (Ramirez-Cadavid *et al.*, 2014). Selanjutnya, tumbukan dilewatkan ke ruang pencairan yang diatur pada suhu 80–90°C dan ditahan selama 30 menit setelah menambahkan amilase stabil panas ( $\alpha$ -amilase). Selama proses pencairan, rantai panjang pati dihidrolisis dan dipecah menjadi rantai yang lebih kecil, meningkatkan jumlah gula pereduksi seperti glukosa, sehingga menghasilkan viskositas yang lebih rendah. Selanjutnya, gula diubah menjadi alkohol oleh ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) pada langkah fermentasi yang diatur pada suhu 33°C dan pH sekitar 4,0 selama 48-72 jam. Kontaminasi silang mikroba harus dihindari dalam proses fermentasi untuk mempertahankan hasil etanol dan produktivitas pabrik. Salah satu kontaminasi yang paling umum adalah *Lactobacillus*, yang menghasilkan asam laktat, dan asam laktat menghambat aktivitas *S. cerevisiae*. Setelah fermentasi, CO<sub>2</sub> dikumpulkan dalam kolom terpisah di beberapa pabrik pengolahan atau dilepaskan ke udara. Etanol juga disuling menggunakan *stripper* dan diambil kembali lalu dimurnikan dengan sistem saringan molekuler untuk menghilangkan air menggunakan teknologi *adsorpsi*. Setelah pemurnian, etanol bermutu bahan bakar diproduksi dengan mencampur etanol dengan sedikit bensin (Rosentrater, 2011).

Serat, air, minyak, protein, komponen lain yang tidak difermentasi dari biji-bijian, dan sel-sel ragi yang tersisa setelah distilasi etanol disebut *stillage* utuh. Campuran ini biasanya disentrifugasi untuk memisahkan padatan (WDG) dari cairan (*stillage* tipis); yang terakhir didaur ulang dan digunakan di bagian awal proses untuk membuat bubur biji-bijian yang digiling (Kim *et al.*, 2008). *Stillage* tipis yang tersisa dipekatkan melalui evaporator untuk menghilangkan kelembapan tambahan dan menghasilkan CDS dengan 30% bahan kering (Kim *et al.*, 2008). WDG, CDS, atau kombinasi keduanya (biji-bijian penyuling basah dengan zat terlarut, WDGS) dapat dijual secara lokal kepada produsen pakan ternak atau dikombinasikan dengan fraksi padatan kasar dan dikeringkan untuk menghasilkan DDGS dengan 88% bahan kering yang memiliki masa simpan lebih lama (Shad *et al.*, 2021).



## 2.5 Taurin

Taurin (*2-aminoethanesulfonic acid*) adalah asam amino bebas yang melimpah dan terdapat banyak pada jaringan mammalia. Taurin merupakan antioksidan yang diketahui memiliki efek perlindungan melawan oksidasi yang diinduksi oleh tekanan selular dan menangkap radikal bebas dalam berbagai sel dan jaringan melawan toksik dari komponen oksidan. Selain itu taurin dapat mengurangi peroksidasi lipid dan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan, seperti superoksida dismutase dan glutathione peroksidase, yang diberi paparan xenobiotic (Puspita *et al.*, 2016). Karakteristik asam amino taurin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Taurin

Taurin merupakan salah satu asam amino bebas yang banyak dijumpai pada jaringan otak, retina, hati, ginjal, dan otot yang berperan sebagai neurotransmitter untuk mengaktifkan jaringan otak serta jaringan retina pada mata. Selain itu, taurin juga berperan penting dalam proses reproduksi (Loekman *et al.*, 2018). Berdasarkan Fitriana *et al.*, (2014) diduga bahwa penambahan taurin mampu meningkatkan pertumbuhan, misalnya dengan meningkatkan nafsu makan maupun dengan meningkatkan pertumbuhan organ yang membantu dalam proses pertumbuhan seperti organ yang berperan dalam proses pencernaan, penglihatan, hingga peningkatan sistem imun. Taurin mempunyai banyak fungsi terutama berperan penting dalam proses fisiologis tubuh, stabilitas membran, mengatur keseimbangan ion Ca dan Na pada sel, menstimulasi glikolisis dan glikogenesis, memacu pertumbuhan, osmoregulasi, dan penglihatan (Fitriana *et al.*, 2014).

## 2.6 Sistem Imunitas Pada Ikan

Ikan pada umumnya memiliki sistem imun spesifik dan sistem imun non-spesifik. Sistem imun adalah semua mekanisme yang digunakan untuk pertahanan tubuh terhadap bahaya yang dapat ditimbulkan berbagai bahan dalam lingkungan hidup. Sistem imun terdiri dari sistem imun alamiah (non-spesifik) dan sistem imun didapat (spesifik). Faktor yang mempengaruhi mekanisme sistem imun adalah genetik (gen induk timus), metabolisme hormon, lingkungan, gizi, anatomi, fisiologi, umur dan mikroba (Ani *et al.*, 2021). Sistem imun dipengaruhi dari beberapa faktor yaitu: temperatur, kebiasaan hidup ikan dan *Cell-mediated immunity* (Rahmaningsih, 2018). Sistem imun non-spesifik merupakan pertahanan tubuh terdepan dalam menghadapi serangan berbagai mikroorganisme sehingga dapat memberikan respon langsung. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap sistem imun non-spesifik adalah spesies, faktor keturunan dan usia, suhu, pengaruh hormon serta faktor kondisi (Rahmaningsih, 2018). Respon imun pada ikan baru terbentuk sempurna saat ikan sudah dewasa (Ode, 2013).

Sistem imun spesifik memiliki kemampuan mengenal benda yang dianggap asing bagi tubuh. Sistem ini hanya dapat menghancurkan benda asing yang sudah dikenal sebelumnya. Sistem imun spesifik terdiri dari sistem humoral (limfosit B) dan sistem seluler (limfosit T). Karakteristik sistem imun spesifik yaitu: memiliki kemampuan menghasilkan immunoglobulin yang spesifik, *Cell-mediated immunity*, *immunological memory* dan memiliki kemampuan hipersensitifitas langsung. Pada teleostei ditemukan antibodi yaitu immunoglobulin M (IgM) dan immunoglobulin G (IgG) (Rahmaningsih, 2018). Penelitian terbaru menyebutkan immunoglobulin selain IgM dan IgG telah ditemukan, yaitu immunoglobulin D (IgD), immunoglobulin T (IgT) dan immunoglobulin Z (IgZ) (Randelli *et al.*, 2008). Menurut Rahmaningsih (2018) sistem imun spesifik ikan belum terbentuk sempurna hingga beberapa minggu setelah menetas.

## 2.7 Biologi Ikan

### 2.7.1 Klasifikasi Ikan Lele

Klasifikasi ikan lele menurut Saanin (1984) adalah sebagai berikut.

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Filum     | : Chordata           |
| Kelas     | : Pisces             |
| Sub kelas | : Teleostei          |
| Ordo      | : Ostariophysi       |
| Subordo   | : Siluroidea         |
| Family    | : Clariidae          |
| Genus     | : <i>Clarias</i>     |
| Spesies   | : <i>Clarias</i> sp. |

Morfologi ikan lele dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Morfologi ikan lele

Ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang dapat dibudidayakan secara komersial oleh masyarakat Indonesia. Ikan lele memiliki rasa yang lezat, daging empuk, duri teratur, dan dapat disajikan dalam berbagai macam menu masakan. Selain itu, ikan lele merupakan ikan yang dapat dikonsumsi dengan harga yang sangat terjangkau dari berbagai kalangan. Ikan lele juga memiliki pertumbuhan yang cepat, daya adaptasi tinggi terhadap lingkungan kadar oksigen yang rendah (Tuwitri *et al.*, 2020).

### 2.7.2 Morfologi Ikan Lele

Ikan lele memiliki kulit tubuh yang licin, berlendir, tidak bersisik dan mempunyai organ *arborescent*, yaitu alat yang membuat lele dapat hidup di lumpur atau air yang hanya mengandung sedikit oksigen. Ikan lele berwarna kehitaman atau keabuan memiliki bentuk badan yang memanjang pipih ke bawah (*depressed*), berkepala pipih dan memiliki empat pasang kumis yang memanjang sebagai alat peraba (Manik *et al.*, 2022). Ikan lele dilengkapi sirip tunggal dan sirip berpasangan, sirip tunggal yang dimiliki adalah sirip punggung, sirip ekor dan sirip dubur atau anal, sedangkan sirip berpasangan adalah sirip perut dan sirip dada (Gambar 6) (Samsi, 2018). Secara alami ikan lele bersifat *nocturnal*, artinya aktif pada malam hari atau lebih menyukai tempat yang gelap, tetapi dalam usaha budidaya ikan lele dibuat *diurnal*. Ikan lele bersifat omnivora, cenderung karnivora (Haryanto, 2017).

Ikan lele dilengkapi dengan alat pernapasan tambahan (*arborescent* organ) yang dapat digunakan pada lingkungan dengan kondisi air yang memiliki sedikit oksigen di dalamnya. Alat pernapasan ini berada pada rongga kepala bagian dalam dengan warna kemerahan seperti tajuk pohon rimbun yang dipenuhi kapiler darah dibentuk oleh dua pelat tulang kepala dan kepala bagian belakang terdapat insang dengan ukuran yang kecil. Pada bagian ujung moncong terdapat mulut yang dilengkapi dengan empat pasang sungut, yaitu sepasang sungut hidung, sepasang sungut maksila dan dua pasang sungut *mandibula* yang dapat difungsikan sebagai tentakel (Zulita, 2020).

### 2.7.3 Habitat Ikan Lele

Habitat atau lingkungan hidup lele banyak ditemukan di perairan tawar, di dataran rendah hingga sedikit payau. Di alam, ikan lele hidup di sungai-sungai yang arusnya mengalir secara perlahan atau lambat, kolam, danau, waduk, rawa, serta genangan air tawar lainnya. Ikan ini lebih menyukai perairan yang tenang, tepian dangkal dan terlindung, ikan lele memiliki kebiasaan membuat atau menempati lubang-lubang di tepi sungai atau kolam (Haryanto, 2017). Ikan lele ketika di alam bebas lebih menyukai air yang arusnya mengalir secara perlahan bahkan lambat. Ikan lele dapat bersifat kanibalisme apabila kekurangan pakan. Kualitas

air yang mendukung kehidupan lele diantaranya mempunyai pH 7-8,5; oksigen terlarut 3,5-6 ppm; dan suhu 25-30°C. Suhu air akan mempengaruhi laju pertumbuhan, laju metabolisme, nafsu makan ikan lele serta kelarutan oksigen dalam air (Anggrailiyana, 2017).

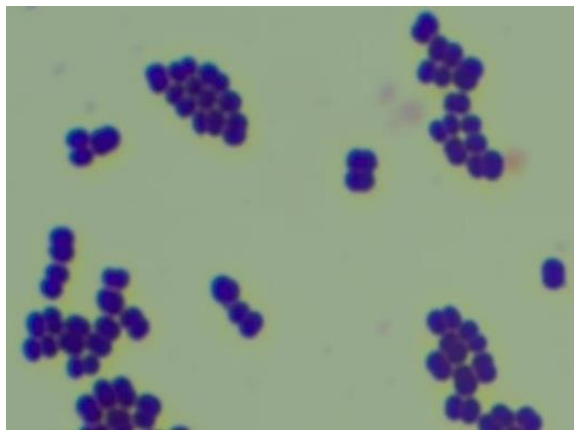
## 2.8 Biologi Bakteri *Staphylococcus aureus*

### 2.8.1 Klasifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

Menurut Soedarto (2015), klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut :

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| Kingdom | : Eubacteria                   |
| Kelas   | : Bacilli                      |
| Ordo    | : Bacillales                   |
| Family  | : Staphylococcaceae            |
| Genus   | : <i>Staphylococcus</i>        |
| Spesies | : <i>Staphylococcus aureus</i> |

Karakteristik bakteri *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Staphylococcus aureus*

Sumber : Abdilah & Kurniawan (2022)

*Staphylococcus aureus* merupakan flora normal pada kulit, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan makanan pada manusia, serta ditemukan juga di udara dan lingkungan sekitar. *Staphylococcus aureus* bersifat invasif, menyebabkan hemolisis, membentuk koagulasi, dan mampu meragikan manitol (Kanafani & Fowler, 2006). Infeksi serius dari *Staphylococcus aureus* dapat terjadi ketika sistem imun

melemah yang disebabkan oleh perubahan hormon, penyakit, luka, penggunaan steroid atau obat lain yang mempengaruhi imunitas (Wikansari *et al.*, 2012).

Herlina *et al.*, (2015) menyatakan bahwa bakteri *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan terjadinya berbagai jenis infeksi mulai dari infeksi kulit ringan, keracunan makanan sampai dengan infeksi sistemik.

### **2.8.2 Morfologi Bakteri *Staphylococcus aureus***

Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2  $\mu\text{m}$ , tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan tidak bergerak. Bakteri *Staphylococcus aureus* tumbuh pada suhu optimum 37°C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau (Keliat *et al.*, 2019). Beberapa diantaranya tergolong flora normal pada kulit dan selaput mukosa manusia, menyebabkan penahanan abses, berbagai infeksi piogen dan bahkan septikimia yang fatal. *Staphylococcus aureus* mengandung polisakarida dan protein yang berfungsi sebagai antigen dan merupakan substansi penting di dalam struktur dinding sel, tidak membentuk spora, dan tidak membentuk flagel (Hasibuan, 2016).

### **2.8.3 Patogenesitas Bakteri *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* merupakan salah satu jenis bakteri patogen yang sering menimbulkan infeksi dan kelainan pada kulit (Radji, 2011). *Staphylococcus aureus* termasuk spesies yang paling invasif dan paling berbeda dari spesies lainnya karena memiliki enzim koagulase. Organisme ini ditemukan 40% pada orang sehat, di bagian hidung, kulit, ketiak atau perineum (Gillespie & Bamford, 2009). *Staphylococcus* dapat menyebabkan penyakit berkat kemampuannya melakukan pembelahan dan menyebar luas ke dalam jaringan melalui produksi beberapa bahan ekstraseluler. Beberapa bahan tersebut dapat berupa enzim maupun toksin (Brooks *et al.*, 2005). *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus* virulen lainnya memiliki beragam faktor virulensi, yang mencakup protein-protein permukaan yang berperan dalam pelekatan kuman, enzim-enzim yang menguraikan protein,

dan toksin yang merusak sel penjamu. *Staphylococcus* dibedakan karena memiliki banyak plasmid, yang mengkode protein-protein yang berperan dalam resistensi antibiotik dan faktor virulensi lainnya (Husna, 2018; Kumar *et al.*, 2010).

Patogenesitas bakteri dapat ditentukan oleh kemampuan bakteri untuk melakukan pelekatan pada permukaan mukosa yang dihubungkan dengan struktur permukaan bakteri dan faktor penjamu (*host*). Kemampuan patogenik dari galur *Staphylococcus aureus* adalah pengaruh gabungan antara faktor ekstraseluler dan toksin bersama dengan sifat daya sebar invasif. Peranan berbagai bahan ekstraseluler pada patogenesis berasal dari sifat masing-masing bahan tersebut (Brooks *et al.*, 2005). Bakteri ini juga memiliki reseptor terhadap permukaan sel penjamu dan protein matriks (misalnya fibronektin dan kolagen) yang membantu organisme ini untuk melekat. Bakteri ini mempunyai enzim litik ekstraseluler (misalnya lipase) yang memecah jaringan penjamu dan membantu invasi (Husna, 2018; Kumar *et al.*, 2010).

### III. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-April 2024 di Laboratorium Budi-  
daya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas  
Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1, dan  
bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

| No. | Alat                    | Jumlah  | Fungsi/Kegunaan                                                                           |
|-----|-------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Mikroskop               | 1 unit  | Untuk mengamati objek yang ukurannya sangat kecil.                                        |
| 2.  | Mikropipet              | 1 unit  | Untuk memindahkan larutan atau cairan.                                                    |
| 3.  | Spuit 1 cc              | 50 pcs  | Untuk menyuntikkan atau menghisap cairan atau larutan.                                    |
| 4.  | Tabung kapiler          | 90 pcs  | Untuk mengambil sampel cair dalam jumlah yang kecil.                                      |
| 5.  | Preparat                | 90 pcs  | Untuk meletakkan bagian atau sel makhluk hidup yang tidak dapat terlihat oleh mata.       |
| 6.  | Kontainer 70 liter      | 18 unit | Sebagai wadah pemeliharaan ikan uji.                                                      |
| 7.  | <i>Haemocytometer</i>   | 2 unit  | Untuk melakukan perhitungan total eritrosit dan total leukosit.                           |
| 8.  | Pipet thoma             | 2 unit  | Sebagai pengaduk atau pengocok untuk pengenceran sampel darah.                            |
| 9.  | <i>Microtube</i> 1.5 ml | 300 pcs | Sebagai tempat untuk menyimpan atau mencampur larutan.                                    |
| 10. | Tabung corning<br>14 ml | 10 pcs  | Untuk menyimpan atau mencampur larutan.                                                   |
| 11. | Cawan petri             | 12 pcs  | Untuk membiakkan sel dengan menyediakan ruang penyimpanan dan mencegahnya terkontaminasi. |
| 12. | Alat tulis              | 1 unit  | Digunakan untuk mencatat hasil penelitian.                                                |



|     |                                            |        |                                                                                             |
|-----|--------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13. | Tabung reaksi                              | 6 pcs  | Untuk melakukan uji biokimia dan menumbuhkan mikroba.                                       |
| 14. | Bunsen                                     | 1 unit | Untuk pemanasan, sterilisasi, dan pembakaran.                                               |
| 15. | <i>Hot plate SH-2 dan magnetic stirrer</i> | 1 unit | Untuk memanaskan sekaligus menghomogenkan larutan kimia.                                    |
| 16. | Erlenmeyer 250 ml                          | 2 unit | Wadah dari bahan kimia cair.                                                                |
| 17. | Jarum ose                                  | 1 unit | Untuk memindahkan atau mengambil koloni suatu mikroba ke media yang akan digunakan kembali. |
| 18. | <i>Cotton swab</i>                         | 12 pcs | Alat pengambil berbagai macam sampel sesuai kebutuhan klinis dan diagnosa.                  |

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

| No. | Bahan                 | Jumlah   | Fungsi/Kegunaan                                                                                                                                                                                 |
|-----|-----------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Larutan turk          | 100 ml   | Digunakan untuk menghitung jumlah leukosit pada <i>haemocytometer</i> .                                                                                                                         |
| 2.  | Larutan hayem         | 100 ml   | Digunakan untuk menghitung jumlah eritrosit pada <i>haemocytometer</i> .                                                                                                                        |
| 3.  | NaCl fisiologis 0.9 % | 500 ml   | Larutan fisiologis standar untuk berbagai keperluan penanganan sel atau jaringan hewan.                                                                                                         |
| 4.  | Giemsa                | 250 ml   | Digunakan untuk membedakan inti sel dan morfologi sitoplasma sel darah merah, sel darah putih, trombosit serta parasit darah.                                                                   |
| 5.  | Aquades               | 5 L      | Digunakan untuk membersihkan alat-alat laboratorium dari zat pengotor.                                                                                                                          |
| 6.  | Alkohol 70 %          | 500 ml   | Digunakan sebagai antiseptik.                                                                                                                                                                   |
| 7.  | EDTA 3 %              | 500 ml   | Digunakan dalam beberapa macam pemeriksaan hematologi seperti penetapan kadar hemoglobin, hitung jumlah lekosit, eritrosit, trombosit, retikulosit, hematokrit, dan penetapan laju endap darah. |
| 8.  | Ikan lele             | 270 ekor | Sebagai hewan uji.                                                                                                                                                                              |
| 9.  | <i>Crystoseal</i>     | 6 pcs    | Untuk menyumbat atau menutup salah satu lubang tabung kapiler.                                                                                                                                  |
| 10. | Metanol               | 500 ml   | Sebagai bahan anti beku, pelarut, bahan bakar dan bahan additif bagi industri etanol.                                                                                                           |
| 11. | Sarung tangan latex   | 1 box    | Untuk melindungi tangan dari kotoran, resiko kontaminasi, penyebaran kuman, bakteri atau virus.                                                                                                 |
| 12. | Minyak imersi         | 20 ml    | Untuk memperbanyak cahaya yang menuju                                                                                                                                                           |

|     |                                         |       |                                                                                 |
|-----|-----------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                         |       | lensa objektif setelah melewati objek sehingga objek akan terlihat lebih jelas. |
| 13. | Media TSA                               | 50 g  | Sebagai medium tumbuh bakteri.                                                  |
| 14. | Media TSB                               | 50 g  | Sebagai medium tumbuh bakteri.                                                  |
| 15. | Bakteri<br><i>Staphylococcus aureus</i> | 20 ml | Sebagai bakteri uji                                                             |

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 3 kali ulangan sebagai berikut.

- Kontrol : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 0% dan taurin 0 g  
P1 : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 5% dan taurin 0,5 g  
P2 : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 5% dan taurin 0 g  
P3 : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 10% dan taurin 0,5 g  
P4 : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 15% dan taurin 1,0 g  
P5 : Perlakuan pakan berbahan baku DDGS 20% dan taurin 1,5 g

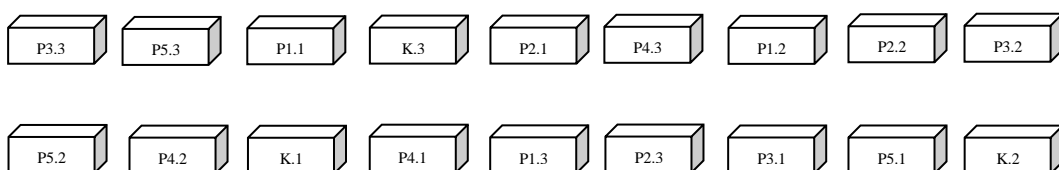
Model rancangan acak lengkap RAL yang digunakan adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

- $Y_{ij}$  : data pengamatan pemberian DDGS dan taurin ke-i, ulangan ke-j  
 $\mu$  : nilai tengah umum  
 $\tau_i$  : pengaruh pemberian DDGS dan taurin ke-i  
 $\varepsilon_{ij}$  : galat percobaan pada pemberian DDGS dan taurin ke-i dan ulangan ke-j  
i : perlakuan pemberian DDGS dan taurin ke-i  
j : ulangan ke-j

Berikut susunan rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tata letak wadah penelitian

Keterangan :

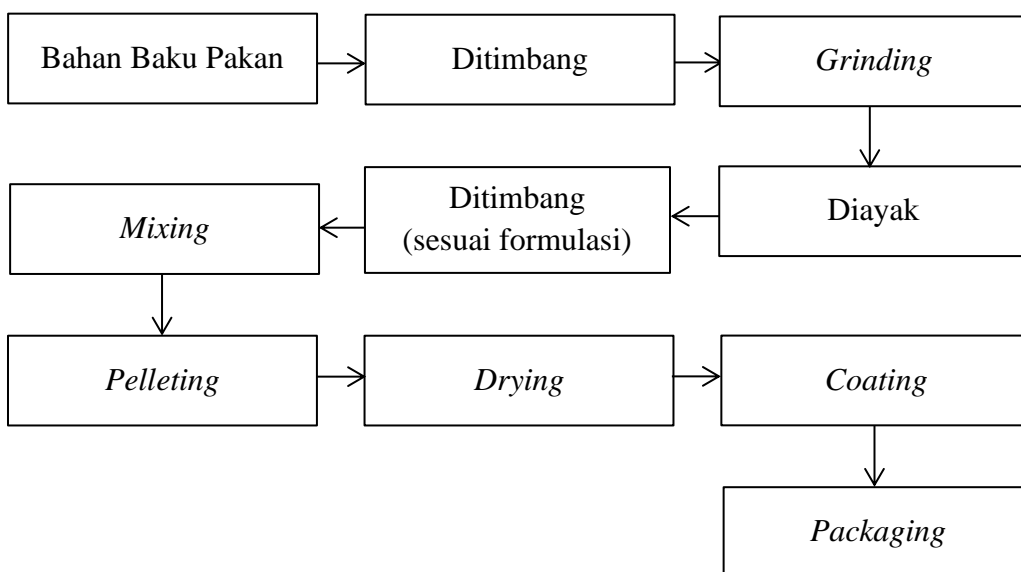
- Kode K.1; K.2; dan K.3 : Kontrol dengan ulangan 1, 2, 3.  
 Kode P1.1; P1.2; dan P1.3 : Perlakuan 1 dan ulangan 1, 2, 3.  
 Kode P2.1; P2.2; dan P2.3 : Perlakuan 2 dan ulangan 1, 2, 3.  
 Kode P3.1; P3.2; dan P3.3 : Perlakuan 3 dan ulangan 1, 2, 3.  
 Kode P4.1; P4.2; dan P4.3 : Perlakuan 4 dan ulangan 1, 2, 3.  
 Kode P5.1; P5.2; dan P5.3 : Perlakuan 5 dan ulangan 1, 2, 3.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan meliputi pembuatan pakan, persiapan wadah pemeliharaan, persiapan ikan uji, pemeliharaan ikan, sampling, dan ujiantang.

#### 3.4.1 Pembuatan Pakan

Proses pembuatan pakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Alur pembuatan pakan

Bahan baku pakan yang digunakan dengan kandungan proteinnya dalam penelitian ini yaitu tepung ikan (59,57%), tepung kedelai (45,14%), tepung daging (39,42%), tepung jagung, tepung singkong, tepung DDGS (39,34%), minyak ikan, minyak kedelai, dikalsium fosfat, vitamin dan mineral mix, L-Cysteine, L-Lysine, dan taurin. Bahan baku masih dalam bentuk kasar, ditimbang lalu digiling. Setelah

itu, diayak hingga benar-benar halus. Sebelum digunakan DDGS dikukus selama 45 menit, lalu dikering anginkan dan difermentasi menggunakan ragi *Rhizopus* sp. selama 4 hari. Selanjutnya bahan baku pakan dicampur (*mixing*) sesuai dengan formulasi pakan yang telah dibuat (Tabel 3) kemudian dicetak menjadi pellet lalu dikeringkan. Pellet yang sudah kering disemprotkan minyak ikan dan dikering anginkan kembali. Formulasi pakan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. .

Tabel 3. Formulasi pakan uji

| No. | Bahan            | Kontrol | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    |
|-----|------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | Tepung Ikan      | 16      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2   | Tepung Daging    | 19      | 34,7  | 34,7  | 34,7  | 34,7  | 34,7  |
| 3   | Tepung Kedelai   | 30      | 35,06 | 35,06 | 30    | 24,94 | 19,88 |
| 4   | Tepung Jagung    | 10,12   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5   | DDGS             | 0       | 5,06  | 5,06  | 10,12 | 15,18 | 20,24 |
| 6   | Tepung singkong  | 15      | 15    | 15    | 15    | 15    | 15    |
| 7   | Dikalsium Fosfat | 1,14    | 0,75  | 1,25  | 0,75  | 0,25  | 0     |
| 8   | Taurine          | 0       | 0,5   | 0     | 0,5   | 1     | 1,5   |
| 9   | L-Cysteine       | 0,46    | 0,39  | 0,39  | 0,39  | 0,39  | 0,39  |
| 10  | L-Lysine         | 0,28    | 0,45  | 0,45  | 0,45  | 0,45  | 0,2   |
| 11  | Minyak Kedelai   | 4       | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| 12  | Minyak Ikan      | 2       | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |
| 13  | Vitamin Mix      | 1       | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 14  | Mineral Mix      | 1       | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 15  | DL-Metionin      | 0       | 0,09  | 0,09  | 0,09  | 0,09  | 0,09  |
|     | Total            | 100     | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |

Sumber : (Modifikasi dari Hongmanee *et al.*, 2022)

Tabel 4. Uji proksimat pakan ikan lele dengan kandungan DDGS dan taurin yang berbeda

| Perlakuan | Kadar Air (%) | Abu (%) | Lemak (%) | Protein (%) | Serat Kasar (%) |
|-----------|---------------|---------|-----------|-------------|-----------------|
| Kontrol   | 7,07          | 20,18   | 6,12      | 31,07       | 2,42            |
| P1        | 8,05          | 18,92   | 7,26      | 32,98       | 0,99            |
| P2        | 6,52          | 18,61   | 7,51      | 34,40       | 0,99            |
| P3        | 6,82          | 20,07   | 7,47      | 34,20       | 1,96            |
| P4        | 6,81          | 20,38   | 9,04      | 34,74       | 2,11            |
| P5        | 6,82          | 18,59   | 10,64     | 34,71       | 2,12            |

### **3.4.2 Persiapan Wadah Penelitian**

Wadah pemeliharaan berupa box kontainer plastik yang memiliki volume air 70 liter dengan ukuran  $60,7 \times 42,3 \times 38,5$  cm sebanyak 18 unit kontainer. Kontainer dibersihkan, lalu dilapisi *trash bag* hitam keseluruh bagian. Selanjutnya dimasukkan air ke dalam masing-masing kontainer sebanyak 40 liter. Lalu, disiapkan juga satu box kontainer plastik volume 150 liter yang digunakan sebagai tandon air bersih.

### **3.4.3 Persiapan Ikan Uji**

Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan lele (*Clarias sp.*) yang memiliki berat rata-rata 4,06 gr dan panjang 9,20 cm dengan padat tebar 15 ekor per 40 liter air. Sebelum ditebar, ikan lele akan diaklimatisasi selama 15-20 menit di dalam bak penampungan. Setelah itu, ikan ditebar ke dalam bak untuk diadaptasikan selama 2 hari. Kemudian, ikan siap ditebar ke masing-masing wadah pemeliharaan. Penebaran ikan dilakukan pagi atau sore hari.

### **3.4.4 Pemeliharaan Ikan**

Pemeliharaan ikan dilakukan selama 60 hari lalu dilanjutkan dengan 7 hari pemeliharaan untuk ujiantang. Pemberian pakan dilakukan sebanyak 3 kali sehari yaitu pada pukul 08.00, 13.00, dan 18.00 WIB menggunakan FR 5%. Selama proses pemeliharaan akan dilakukan penyiponan 2 kali seminggu untuk membersihkan sisa pakan dan feses ikan.

### **3.4.5 Sampling**

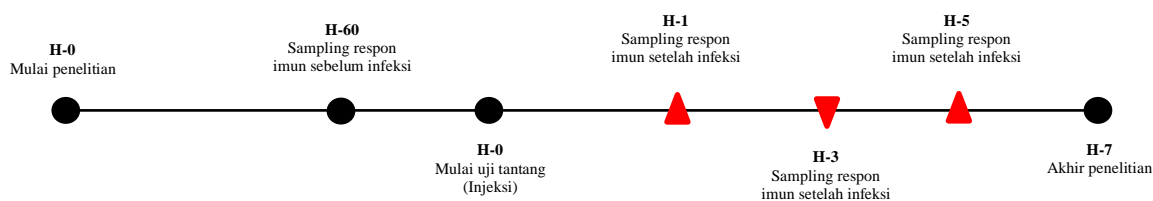
Sampling adalah pengambilan sebagian atau beberapa dari populasi yang digunakan untuk mewakili nilai atau sifat seluruh populasi yang ada. Pada penelitian ini dilakukan sampling respon imun non-spesifik pada hari ke-60 untuk dilakukan pengambilan data kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas dan indeks fagositosis.

### 3.4.6 Penentuan *Lethal Dose* (LD<sub>50</sub>)

Penentuan *lethal dose* (LD<sub>50</sub>) atau uji patogenisitas menggunakan ikan uji sebanyak 5 ekor per perlakuan. Ikan lele diinfeksi dengan *Staphylococcus aureus* secara injeksi intramuscular dengan dosis 0,3 ml suspensi bakteri dengan kepadatan 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup>, dan 10<sup>9</sup> cfu/ml. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari untuk mengetahui kematian pada masing-masing perlakuan.

### 3.4.7 Uji Tantang

Uji tantang dilakukan setelah 60 hari pemeliharaan yang dilakukan selama 7 hari. Uji tantang dilakukan secara injeksi intramuscular dengan dosis 0,3 ml per ekor. Selama uji tantang berlangsung dilakukan pengamatan: kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas dan indeks fagositosis pada hari ke-1, ke-3, dan ke-5. Selain itu, diamati gejala klinis dan kematian ikan uji hingga akhir. Timeline penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Timeline penelitian

## 3.5 Parameter yang Diamati

### 3.5.1 Kadar Hematokrit

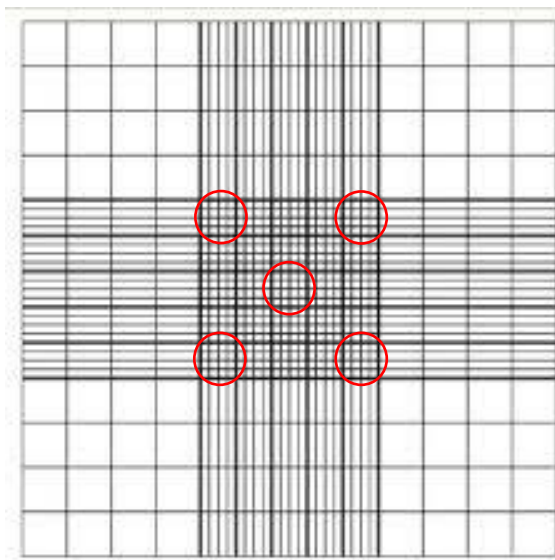
Pengukuran kadar hematokrit dilakukan dengan memasukkan darah ke dalam tabung kapiler hingga 3/4 bagian. Selanjutnya, salah satu lubang tabung kapiler ditutup menggunakan *crystoseal*. Tabung kapiler berisi darah disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3.500 rpm. Volume padatan sel eritrosit dan volume darah total diukur menggunakan penggaris. Perhitungan kadar hematokrit dapat dilakukan dengan rumus (Nainggolan *et al.*, 2021).

$$\text{Kadar hematokrit (\%)} = \frac{\text{volume padatan sel eritrosit}}{\text{volume darah}} \times 100\%$$

### 3.5.2 Total Eritrosit

Darah yang telah diberi antikoagulan diambil menggunakan pipet thoma dengan butir berwarna merah hingga skala 0,5. Lalu, tambahkan pengencer hayem hingga skala 101. Pipet thoma berisi darah dan pengencer dihomogenkan dengan diayun membentuk angka 8 selama 5-15 menit. Buang 2 tetes pertama larutan darah, kemudian teteskan darah pada sela-sela *haemocytometer*. Tutup *haemocytometer* dengan *cover glass* lalu diamkan sebentar hingga cairan memenuhi ruang hitung. Darah diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 400×. Eritrosit dihitung dengan cara menghitung sel yang terdapat dalam 5 kotak kecil. Perhitungan total eritrosit dapat dilakukan dengan rumus (Blaxhall & Daisley, 1973). Gambar bilik hitung *haemocytometer* eritrosit dapat dilihat pada Gambar 11.

$$\text{Jumlah eritrosit} = \text{Jumlah sel eritrosit terhitung} \times 10^4 \text{sel/mm}^3$$



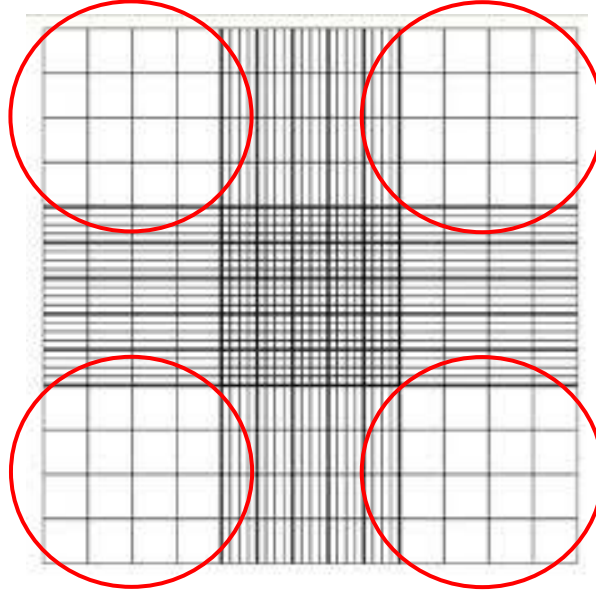
Gambar 11. Bilik hitung *haemocytometer* eritrosit

### 3.5.3 Total Leukosit

Darah yang telah diberi antikoagulan diambil menggunakan pipet thoma dengan butir berwarna putih hingga skala 0,5. Lalu, tambahkan pengencer turk hingga skala 11. Pipet thoma berisi darah dan pengencer dihomogenkan dengan diayun membentuk angka 8 selama 5-15 menit. Buang 2 tetes pertama larutan darah, kemudian teteskan darah pada sela-sela *haemocytometer*. Tutup *haemocytometer* dengan *cover glass* lalu diamkan sebentar hingga cairan memenuhi ruang hitung. Darah diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 400×. Leukosit dihitung

dengan cara menghitung sel yang terdapat dalam 4 kotak besar. Perhitungan total leukosit dapat dilakukan dengan rumus (Blaxhall & Daisley, 1973). Gambar bilik hitung *haemocytometer* leukosit dapat dilihat pada Gambar 12.

$$\text{Jumlah leukosit} = \text{Jumlah sel leukosit terhitung} \times 50 \text{ sel/mm}^3$$



Gambar 12. Bilik hitung *haemocytometer* leukosit

### 3.5.4 Aktivitas dan Indeks Fagositosis

Metode pengukuran aktivitas dan indeks fagositosis dilakukan dengan cara memasukkan 50  $\mu\text{L}$  darah dan 50  $\mu\text{L}$  suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* ke dalam *microtube* menggunakan mikropipet. *Microtube* dihomogenkan dengan cara diayun membentuk angka 8 hingga homogen dan diinkubasi selama 20 menit di *incubator*. Kemudian dibuat preparat ulas darah dengan diambil 25  $\mu\text{L}$  cairan dan diletakkan di atas preparat lalu dikering anginkan. Setelah kering, preparat diberi methanol secara merata dan dikering anginkan kembali. Preparat diberi giemsa dan didiamkan selama 30 menit. Lalu preparat dibilas menggunakan aquades dan dikering anginkan. Preparat diambahkan 1 tetes minyak imersi dan diamati di bawah mikroskop perbesaran 400 $\times$ . Perhitungan aktivitas dan indek fagositosis dapat dilakukan dengan rumus (Nainggolan *et al.*, 2021).

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

$$\text{Indeks fagosit} = \frac{\text{Jumlah bakteri yang difagosit}}{\text{Jumlah sel yang memfagosit}}$$



Keterangan :

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

### **3.5.5 Gejala Klinis**

Pengamatan gejala klinis diamati secara visual setiap hari hingga akhir pemeliharaan. Bakteri *Staphylococcus aureus* yang diinjeksi pada ikan uji dapat membuat ikan menjadi sakit dan menunjukkan gejala klinis yang dapat dilihat secara morfologi yaitu adanya borok pada kulit, insang pucat dan *exophthalmia*. Terjadi perubahan patologis pada berbagai jaringan seperti insang menunjukkan infiltrasi sel monoklear pada lamela insang dan lengkungan insang. Kulit ikan menunjukkan ulserasi dan edema epidermis serta pendarahan (Khafagy *et al.*, 2017)..

### **3.6 Analisis Data**

Data hasil pengamatan kadar hematokrit, total eritrosit, total leukosit, aktivitas dan indeks fagositosis, akan ditabulasi menggunakan *Microsoft Excel* dan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (Anova) pada selang kepercayaan 95%. Apabila berbeda nyata maka akan dilanjutkan uji lanjut Duncan.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diujikan dapat meningkatkan respon imun non-spesifik ikan lele dan setelah diinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan kemampuan memproduksi imun non-spesifik yang sama untuk semua perlakuan.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian, yaitu untuk mengetahui respon imun non spesifik ikan lele yang diberi pakan berbahan baku *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS) dan taurin pada ikan lele yang diinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus* melalui metode perendaman.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, F., & Kurniawan. 2022. Morphological characteristic of air bacteria in mannitol salt agar medium. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 5(1): 353-359.
- Ahmed, I., Reshi, Q. M., & Fazio, F. 2020. The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: a review. *Aquaculture International*, 28(3): 869-899.
- Allam, B. W., Khalil, H. S., Mansour, A. T., Srouf, T. M., Omar, E. A., & Nour, A. A. M. 2020. Impact of substitution of fish meal by high protein distillers dried grains on growth performance, plasma protein and economic benefit of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture*, 517: 734-792.
- Anggrailiyana, Y. D. 2017. *Pertumbuhan benih ikan lele sangkuriang (clarias gariepinus) pada media terkontrol*. (Skripsi). Universitas negeri semarang. Semarang. 42 hlm.
- Ani, M., Astuti, E. D., Nardina, E. A., Azizah, N., Hutabarat, J., Sebtalesy, C. Y., & Mahmud, A. 2021. *Biologi Reproduksi dan Mikrobiologi*. Yayasan Kita Menulis. Medan. 198 hlm.
- Apper-Bossard, E., Feneuil, A., Wagner, A., & Respondek, F. 2013. Use of vital wheat gluten in aquaculture feeds. *Aquatic Biosystems*, 9(21): 1-13.
- Arief, M. S., & Anasagi, H. 2019. *Bahan Ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Immunologi*. Kementerian Kesehatan RI. Jakarta. 310 hlm.
- Azhar, F. 2013. Pengaruh pemberian probiotik dan prebiotik terhadap performa juvenile ikan kerapu bebek (*Comileptes altivelis*). *Buletin Veterine Udayana*, 6(1):1-9.
- Barbacariu, C. A., Rimbu, C. M., Dirvariu, L., Burducea, M., Boiangiu, R. S., Ciornea, E. T., & Dumitru, G. 2022. Evaluation of ddgs as a low-cost feed ingredient for common carp (*Cyprinus carpio* Linneus) cultivated in a semi-intensive system. *Life*. 12: 1-14.

- Bastiawan, D., Taukhid., Alifuddin, M., & Dermawati, T. S. 1995. Perubahan hematologi dan jaringan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang diinfeksi dengan cendawan *Apharioomyces* sp. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 1(2): 106-115.
- Biswas, A., Araki, H., Sakata, T., Nakamori, T., & Takii, K. 2019. Optimum fish meal replacement by soy protein concentrate from soymilk and phytase supplementation in diet of red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture*, 506: 51–59.
- Blaxhall, P. C., & Daisley, K. W. 1973. Routine haematological methodes for use with fish health. *Journal of Fish Biology*, 5(6): 771-781
- Brooks, G.F., Butel, J.S., & Morse, S.A. 2005. *Microbiologi Kedokteran Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology (Buku 1)*. Salemba. Jakarta. 753 hlm.
- Ceseña, C. E., Vega-Villasante, F., Aguirre-Guzman, G., Luna-Gonzalez, A., & Campa-Cordova, A. 2021. Update on the use of yeast in shrimp aquaculture: a minireview. *International Aquatic Research*, 13(1): 1-16.
- Dong, J., Cheng, R., Yang, Y., Zhao, Y., Wu, G., Zhang, R., Zhu, X., Li, L., & Li, X. 2018. Effects of dietary taurine on growth, non-specific immunity, antioxidative properties and gut immunity in the chinese mitten crab *eriocheir sinensis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 82: 212–219.
- Fauzan, M., Rosmaidar., Sugito., Zuhrawati., Muttaqien., & Azhar. 2017. Pengaruh tingkat paparan timbal (pb) terhadap profil darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner (JIMVET)*, 1(4): 702-708.
- Fauzi, R. U. A., & Sari, E. R. N. 2018. Analisis usaha budidaya maggot sebagai alternatif pakan lele. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(1): 39-46.
- Fitriana, E. N., Widiastuti, E. L., Nurcahyani, N., & Kanedi, M. 2014. Efek penambahan senyawa asam amino sulfonat taurin pada pakan komersil terhadap pertumbuhan dan kelulus hidupan juvenile ikan gurami (*Osphronemus gouramy* Lac.). *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 2(2): 63-67.
- Gevira, Z. 2022. *Efektivitas daun merdeka (Chromolaena odorata) untuk pengobatan penyakit motile Aeromonas septicemia pada ikan lele mutiara (Clarias gariepinus)*. (Skripsi). Universitas Sriwijaya. Palembang. 72 hlm.
- Gillespie, S., & Bamford, K. 2009. *At a Glance: Mikrobiologi Medis dan Infeksi Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta. 128 hlm.
- Ginting, K. D., Riau waty, M., & Syawal, H. 2021. Diferensiasi leukosit ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang diberi pakan mengandung kunyit

- (*Curcuma domestica* Val.) dan diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(2): 116-125.
- Goda A. A. S., Srour T. M., Omar, E., Mansour, A. T., Baromh, M. Z., Mohamed, S. A., Davies, S. J., & El-Haroun, E. R. 2019. Appraisal of a high protein distiller's dried grain (ddg) in diets for european sea bass, *Dicentrarchus labrax* fingerlings on growth performance, haematological status and related gut histology. *Aquaculture Nutrition*, 25(4): 808–816.
- Goda, A. M. A. S., Ahmed, S. R., Nazmi, H. M., Baromh, M. Z., Kevin, F., Waldemar, R. J., Simon, D., El-Haroun, E. R. 2020a. Partial replacement of dietary soybean meal by high-protein distiller's dried grains (HPDDG) supplemented with protease enzyme for european sea bass, *Dicentrarchus labrax* fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 26(3): 842-852.
- Goda, A. M. A. S., Sherine, R. A., Nazmi, H. M., Ahmad, M. A., Mostafa, K. S. T., Susan, H. F., Baromh, Z. M., El-Haroun, E. R., Davis, S. J. 2020b. Assessment of a high protein distillers dried grain (HP-DDG) augmented with phytase in diets for european sea bass, *Dicentrarchus labrax* fingerlings on growth performance, haematological status, immune response and related gut and liver histology. *Aquaculture*, 529: 735617.
- Gyan, W. R., Yang, Q.-H., Tan, B., Xiaohui, D., Chi, S., Liu, H., & Zhang, S. 2021. Effects of replacing fishmeal with dietary dried distillers grains with solubles on growth, serum biochemical indices, antioxidative functions, and disease resistance for *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture Reports*, 21: 1-12.
- Handajani, H., & Widodo, W. 2010. *Nutrisi Ikan*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 271 hlm.
- Hardi, E. H., Sukenda, E., Harris, A. M., Lusiastuti. 2011. Karakteristik dan patogenisitas *Streptococcus agalactiae* tipe  $\beta$ -hemolitik dan non-hemolitik pada ikan nila. *Jurnal Veteriner*, 12(2): 152-164.
- Haryanto, B. 2017. *Pengaruh Padat Penebaran Ikan Lele Sangkuriang (Clarias sp.) terhadap Pertumbuhan dan Sumbangsih pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X SMA*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Raden Fatah. Palembang. 141 hlm.
- Hasibuan, S. A. 2016. *Perbandingan Daya Hambat Ekstrak Daun Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn) terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli Secara In Vitro*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 67 hlm.
- Herlin, N. 2015. Isolasi dan identifikasi *Staphylococcus aureus* dari susu mastitis subklinis di tasikmalaya, jawa barat. *Dalam Fifi, A., Aditia, D. C., Poppy, D. H., Qurotunnada., & Baharuddin, T. (Eds). Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Hlm: 413-417.

- Hongmanee, P., Wongmaneeprateep, S., Boonyoung, S., & Yuangsoi, B. 2022. The optimal dietary taurine supplementation in zero fish meal diet of juvenile snakehead fish (*Channa striata*). *Aquaculture*, 553: 1-7.
- Horton, R., Moran, L., Scrimgeour, G., & Perry, M. 2011. *Study Guide for Principles of Biochemistry*. Pearson Education. Carolina utara. 224 hlm.
- Husna, C. A. 2018. Peranan protein adhesi matriks ekstraseluler dalam patogenitas bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Averrous*, 4(2): 1-12.
- Jawad, L. A., M. A. Al-Mukhtar., & H. K. Ahmed. 2004. The relationship between haematocrit and some biological parameters of the indian shad, *Tenuulosa ilisha* (family clupeidae). *Animal Biodiversity and Conservation*, 27(2): 47-52.
- Kanafani, Z. A., & Fowler, V. G. Jr. 2006. *Staphylococcus aureus* infections: new challenges from an old pathogen. *Enfermedades Infecciosas Microbiologia Clinica*, 24(3): 182-193.
- Karimah, U., Samidjan, I., & Pinandoyo. 2018. Performa pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*) yang diberi jumlah pakan yang berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 7(1): 128-135.
- Keliat, S. P. N., Darniati., Harris, A., Erina., Rinidar., Fahkrurrazi. 2019. The effect of fingerroot rhizome (*Boesenbergia pandurata*) extract on the growth of *Staphylococcus aureus* in vitro. *Jurnal Medika Veterinaria*, 13(2): 178-184.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2022. *Rilis Data Kelautan dan Perikanan Triwulan IV Tahun 2022*. Sekretariat Jenderal Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 18 hlm.
- Khafagy, A. R., El-Gammal, R. M., Hala, F. A., Samaa, A. M., & Aly, S. M. 2017. Prevalence and histopathological changes of *Staphylococcus aureus* infection of catfish (*Clarias gariepinus*). *Worldfish*, 1: 239-253.
- Kim, J. M., Malintha, G. H. T., Gunathilaka, G. L. B. E., Lee, C., Kim, M. G., & Lee, B. J. 2017. Taurine supplementation in diet for olive flounder at low water temperature. *Fisheries Aquatic Sciences*, 20(20): 1-8.
- Kim, Y., Hendrickson, R., Mosier, N. S., Ladisch, M. R., Bals, B., Balan, V., & Dale, B. E. 2008. Enzyme hydrolysis and ethanol fermentation of liquid hot water and afex pretreated distillers' grains at high-solids loadings. *Bioresource Technology*, 99(12): 5206-5215.
- Koven, W., Peduel, A., Gada, M., Nixon, O., & Ucko, M. 2016. Taurine improves the performance of white grouper juveniles (*Epinephelus aeneus*) fed a reduced fish meal diet. *Aquaculture*, 460: 8-14.

- Kumar, V., Fausto, N., & Abbas, A. K. 2010. *Robins & Cotran: Dasar Patologis Penyakit edisi 7*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 905 hlm.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R., & Passino, D. R. M. 1977. *Ichthyology*. John Wiley and Sons. 505 hlm.
- Lemaire, P., Draï, P., Mathieu, A., Lemaire, S., Carriere, S., Giudicelli, J., & Lafaurie, M. 1991. Changes with different diets in plasma enzymes (GOT, GPT, LDH, ALP) and plasma lipids (cholesterol, triglycerides) of sea-bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 93(1): 63-75.
- Lestari, E., Setyawati, T. R., & Ari, H. Y. 2019. Profil hematologi ikan gabus (*Channa striata* bloch, 1793). *Jurnal Protobiont*, 6(3): 283-289.
- Li, Ling., Liu, Hai-Yan., Xie, Shou-Qi., Zhang, Pei-Yu., & Yang, Zhen-Cai. 2022. Effects of taurine supplementation on growth performance and feed utilization in aquatic animals: a meta-analysis. *Aquaculture*, 551(1): 737-869.
- Li, M., Hang, L., Qing, L., Shiyan, G., & Rixin, R. 2016. Effects of dietary taurine on growth, immunity and hyperammonemia in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* fed all-plant protein diets. *Aquaculture*, 450: 349-355.
- Lim, C., Li, E., & Klesius, P. H. 2011. Distiller's dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. *Reviews in Aquaculture*, 3(4): 172-178.
- Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., & Klesius, P. H. 2009. Growth response and resistance to *Edwardsiella ictaluri* of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(2): 182-193.
- Loekman, N. A., Satyantini, W. H., & Mukti, A. T. 2018. Penambahan asam amino taurin pada pakan buatan terhadap peningkatan pertumbuhan dan sintasan benih ikan kerapu cantik (*Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus microdon*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(2): 140-146.
- Lusiastuti, A. M., Sumiati, T., & Hadie, W. 2013. Probiotik *Bacillus firmus* untuk pengendalian penyakit *Aeromonas hydrophilla* pada budidaya ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 8(2): 253-264.
- Magouz, I. F. A., Essa, M., Mansour, M., Paray, B. A., Doan, H. V., Dawood, M. A. O. 2020. Supplementation of aquagest® as a source of medium-chain fatty acids and taurine improved the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of common carp (*Cyprinus carpio*) fed low fish meal diets. *Annals of Animal Science*, 20(4): 1453-1469.
- Manik, R. R. D. S., Handoco, E., Tambunan, L. O., Tambunan, J., & Sitompul, S. 2022. Sosialisasi pembenihan ikan lele (*Clarias* sp.) dengan menggunakan



- pemijahan semi buatan di desa aras kabupaten batu bara. *Mattawang: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1): 47-51.
- Mostazifur, R. M., Choi, J., & Lee, S. M. 2015. Influences of dietary distillers dried grain level on growth performance, body composition and biochemical parameters of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research*, 46(1): 39-48.
- Nafiqoh, N., & Jasmanindar, Y. 2021. Pengamatan eritrosit dan leukosit pada ikan gurami (*Osphronemus gourami*) yang menerima perlakuan tanaman herbal dan infeksi *Mycobacterium fortuitum*. *Jurnal Akuatik*, 4(2): 65-72.
- Nainggolan, T. N., Harpeni, E., & Santoso, L. 2021. Respon imun non-spesifik dan performa pertumbuhan lele *Clarias gariepinus* (burchell, 1822) yang diberi pakan dengan suplementasi tepung daun kelor *Moringa oleifera* (Lamk, 1785). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 26(2): 102-114.
- Novriadi, R., Herawati, V. E., Prayitno, S. B., Windarto, S., & Tan, R. 2023. Evaluation of distiller's dried grains with solubles in diets for pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared under pond conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55: 62-76.
- Ode, I. 2013. Kajian sistem imunitas untuk pengendalian penyakit pada ikan dan udang. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Perikanan*, 6(2): 41-43.
- Oktafiani, M., Supono., Harpeni, E., & Putri, B. 2016. Penggunaan tepung bioflok sebagai agen imunostimulan pada sistem pertahanan non spesifik ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(2): 515-522.
- Oiliveira, K. R. B., Segura, J. G., Oliveira, B. A., Medeiros, A. C. L., Zimba, R. D., & Viegas, E. M. M. 2020. Distillers' dried grains with solubles in diets for pacu, *Piractus mesopotamicus* juveniles: growth performance, feed utilization, economic viability, and phosphorus release. *Animal Feed Science and Technology*, 262: 1-10.
- Payung, C. N., & Manoppo, H. 2015. Peningkatan respon kebal non-spesifik dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) melalui pemberian jahe (*Zingiber officinale*). *Jurnal Budidaya Perairan*, 3(1): 11-18.
- Prajayati, V. T. F., Hasan, O. D. S., & Mulyono, M. 2020. Kinerja tepung magot dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan formula dan pertumbuhan nila ras nirwana (*Oreochromis sp.*). *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1): 27-36.
- Puspita, E. V., Susanto, G. N., Sumardi., Widiastuti, E. L. 2016. Pengaruh taurin terhadap aktivitas enzim superoksida dismutase, malondialdehida dan histologi pada hati mencit (*Mus musculus*) jantan yang diberi herbisida glifosat. *Natural B*, 3(3): 226-234.

- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi: Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 320 hlm.
- Ragab, S., Hoseinifar, S. H., Doan, H. V., & El-Haroun, E. 2024. Evaluation of distillers dried grains with solubles in aquafeeds-a review. *Annals of Animal Science*, 24(1): 65-75.
- Rahmaningsih, S. 2018. *Hama dan Penyakit Ikan*. Deepublish. Yogyakarta. 363 hlm.
- Rahmaningsih, S., Zaenuddin, M., & Sudianto, A. 2018. Gambaran hematokrit darah ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) yang diberi pakan serbuk daun majapahit (*Crescentia cujete* L.) dan diinfeksi dengan bakteri *Aeromonas hydrophilla*. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 1(2): 63-67.
- Ramirez-Cadavid, D. A., Kozyuk, O., & Michel, F. C. 2014. Improvement in commercial scale dry mill corn ethanol production using controlled flow cavitation and cellulose hydrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 4(3): 211-224.
- Randelli, E., Buonocore, F., & Scapigliati, G. 2008. Cell markers and determinants in fish immunology. *Fish and Shellfish Immunology*, 25(4): 326-340.
- Rausch, K. D., & Belyea, R. L. 2006. The future of coproducts from corn processing. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 128(1): 47-86.
- Ray, G. W., Li, X., He, S., Lin, H., Yang, Q., Tan, B., Dong, X., Chi, S., Liu, H., & Zhang, S. 2022. A review on the use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in aquaculture feeds. *Annals of Animal Science*, 22(1): 21-42.
- Retnowati, Y., Bialangi, N., & Posangi, N. W. 2011. Pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada media yang diekspos dengan infus daun sambiloto (*Andrographis paniculata*). *Saintek*, 6(2): 1-9.
- Rimalia, A., & Kisworo, Y. 2021. Diagnosa darah sebagai indikator kesehatan ikan betok (*Anabas testudineus* Bloch) ikan lele (*Clarias batracus*) dan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Junal Techno-Fish*, 5(2): 76-83.
- Rosentrater, K. A. 2011. *Overview of Corn-Based Fuel Ethanol Coproducts: Production and Use in Biofuel's Engineering Process Technology*. Intech Open. Rijeka. 744 hlm.
- Rusydi, R., Hartami, P., & Khalil, M. 2017. Karakteristik nutrisi dan stabilitas pakan kombinasi ampel (ampas tahu dan pelet). *Aquatic Sciences Journal*, 4(1):4-7.
- Saanin. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan Volume i dan ii*. Bina Rupa Aksara. Jakarta. 508 hlm.

- Safitri, N. M., Aminin., Luthfiah, S., Robbah, A., & Mazida, A. 2020. Pembuatan formulasi pakan apung ikan berbahan baku lokal. *Jurnal Perikanan Pantura*, 3(1): 31-37.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, 172(1-2): 63-92.
- Samsi, P. N. 2018. *Pengaruh Pemberian Visera Ikan Lele (Clarias sp.) pada Pakan Terhadap Perkembangan Gonad Betina Ikan Lele Sangkuriang (Clarias gariepinus)*. (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang. 42 hlm.
- Sebayang, P. E., Hudaidah, S., & Santoso, L. 2020. Kajian pemberian pakan berbahan baku lokal dengan kandungan protein berbeda terhadap pertumbuhan benih lele (*Clarias sp.*). *Journal of Aquatropica Asia*, 5(2): 8-15.
- Shabrina, D. A., Hastuti, S., & Subandiyono. 2018. Pengaruh probiotik dalam pakan terhadap performa darah, kelulushidupan, dan pertumbuhan ikan tawes (*Puntius javanicus*). *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 2(2):26-35.
- Shad, Z. M., Venkitasamy, C., & Wen, Z. 2021. Corn distillers dried grains with solubles: production, properties, and potential uses. *Cereal Chemistry*, 98(5): 999-1019.
- Shi, Y., Hu, Y., Wang, Z., Zhou, J., Zhang, J., Zhong, H., Fu, G., & Zhong, L. 2021. The protective effect of taurine on oxidized fish oil induced liver oxidative stress and intestinal barrier function impairment in juvenile *Ictalurus punctatus*. *Antioxidants*, 10(11): 1-19.
- Shih-Ling, H., Wei, C., Mei, C. S., Chiu, L., & Shiu, N. C. 1999. Studies on epizootiology and pathogenicity of *Staphylococcus epidermis* in tilapia (*Oreochromis spp.*) cultured in taiwan. *Zoological Studies*, 38(2): 178-188.
- Soedarto. 2015. *Mikrobiologi Kedokteran*. Sagung Seto. Jakarta. 811 hlm.
- Sohn, K., Kim, M., Kim, J., & Han, I. K. 2000. The role of immunostimulants in monogastric animal and fish-review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(8): 1178–1187.
- Standar Nasional Indonesia. 2022. *Pakan Buatan Untuk Ikan Lele (Clarias gariepinus)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 17 hlm.
- Suprayudi, M. A., Yaniharto, D., Abidin, H., Utomo, N. B. P., Jusadi, D., & Setiawati, M. 2011. Pengembangan pemakaian hasil samping agroindustri berbahan dasar jagung sebagai alternatif bahan baku pakan ikan kerapu tikus *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(2): 116-123.
- Suprayudi, M. A., Deswira, U., & Setiawati, M. 2013. Penggunaan DDGS (*Distillers Dried Grains with Solubles*) jagung sebagai sumber protein nabati pakan benih ikan gurame *Osphronemus gouramy* Lac. *Jurnal Ikhiologi Indonesia*, 13(1): 25-34.

- Suwarno, Y.,F., Sarjito., & Prayitno, S. B. 2014. Sensitivitas bakteri yang berasosiasi dengan penyakit ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) terhadap berbagai macam obat ikan yang beredar di kabupaten pati. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(4): 134-141.
- Tampubolon, D., Sukmiwati, M., & Sumarto. 2018. Karakteristik kimia dan profil asam amino tepung ikan sembilang (*Paraplotosus albilabris*) dengan metode penanganan yang berbeda. *Berkala Perikanan Terubuk*, 46(1): 11-18.
- Tangendjaja, B. 2008. *Distillers dried grains with solubles* (DDGS) untuk pakan. *Wartazoa*, 18(3): 137-148.
- Tuwitri, R., Irwanto, R., & Kurniawan, A. 2020. Identifikasi parasit pada ikan lele (*Clarias* sp.) di kolam budidaya ikan kabupaten bangka. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(2): 189-198.
- Utomo, N. B. P., Susan., & Setiawati, M. 2013. Peran tepung ikan dari berbagai bahan baku terhadap pertumbuhan lele sangkuriang (*Clarias* sp). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 12(2): 158-168.
- Vohra, M., Manwar, J., Manmode, R., Padgilwar, S., & Patil, S. 2014. Bioethanol production: feedstock and current technologies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1): 573-584.
- Voller, S. W., Merrifield, D. L., & Apper, E. 2018. The effect of dietary wheat gluten products on gut morphology, non-specific immune parameters, and allochthonous intestinal microbial population of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with a high plant protein diet. *Journal of Animal Research and Nutrition*, 3(1): 1-15.
- Wang, J., Wu, X., Simonavicius, N., Tian, H., & Ling, L. 2006. Medium-chain fatty acids as ligands for orphan G protein-coupled receptor GPR84. *The Journal of Biological Chemistry*, 281(45): 34457-34464.
- Webster, C. D. & Thompson, K. R. 2015. *Protein, Amino Acids, and Ingredients in Dietary nutrients, Additives and Fish Health*. Wiley Hoboken. New York. 384 hlm.
- Wibawa, B. M. 2010. *Uji Efisiensi dan Efektivitas Vaksin Hydrovac® untuk Penanggulangan Infeksi Aeromonas hydrophilia pada Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus)*. (Skripsi). Universitas Padjajaran. Bandung. 73 hlm.
- Widyatmoko, H., Zuprizal., & Wihandoyo. 2013. Pengaruh penggunaan *corn dried distillers grains with solubles* dalam ransum terhadap performan puyuh jantan. *Buletin Peternakan*, 37(2): 120-124.
- Wikansari, N., Hestningsih, R., & Raharjo, B. 2012. Pemeriksaan total kuman udara dan *Staphylococcus aureus* di ruang rawat inap rumah sakit x kota semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(2): 384-392.

- Witeska, M. 2013. Erythrocytes in teleost fishes: a review. *Zoology and Ecology*, 23(4): 275-281.
- Wulandari, A. 2020. Aplikasi support vector machine (SVM) untuk pencairan *binding site* protein-ligan. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(2): 157-161.
- Yan, L. C., Feng, L., Jiang, W. D., Wu, P., Liu, Y., Jiang, J., Tang, L., Tang, W. N., Zhang, Y. A., Yang, J., Zhou, X. Q., & Kuang, S. Y. 2019. Dietary taurine supplementation to a plant protein source based diet improved the growth and intestinal immune function of young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition*, 25(4): 873-896.
- Yanti, N. N., Prayitno, S. B., & Sartijo. 2015. Patogenisitas dan sensitivitas agensia penyebab penyakit bakterial pada ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) terhadap berbagai macam obat beredar. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(3): 75-83.
- Yanuar, V. 2017. Pengaruh pemberian jenis pakan yang berbeda terhadap laju pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan kualitas air di akuarium pemeliharaan. *Ziraa'ah*, 42(2): 91-99.
- Yunaidi., Rahmanta, A. P., & Ari, W. 2019. Aplikasi pakan pelet buatan untuk peningkatan produktivitas budidaya ikan air tawar di desa jerukagung srumbung magelang. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian kepada Masyarakat*, 3(1): 45-54.
- Zeng, M., Mosier, N. S., Huang, C. P., Sherman, D. M., & Ladisch, M. R. 2007. Microscopic examination of changes of plant cell structure in corn stover due to hot water pretreatment and enzymatic hydrolysis. *Biotechnology and Bioengineering*, 97(2): 265-278.
- Zhang, P., Cao, S., Zou, T., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., Xie, S., & Zhou, W. 2018. Effects of dietary yeast culture on growth performance, immune response and disease resistance of gibel carp (*Carassius auratus gibelio* CAS III). *Fish and Shellfish Immunology*, 82: 400-407.
- Zhou, J. S., Guo, P., Yu, H. B., Ji, H., Lai, Z. W., & Chen, Y. A. 2019. Growth performance, lipid metabolism, and health status of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed three different forms of sodium butyrate. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(1): 287-298.
- Zhou, P., Zhang, W., Davis, D.A., & Lim, C. 2010. Growth response and feed utilization of juvenile hybrid catfish fed diets containing distiller's dried grains with solubles to replace a combination of soybean meal and corn meal. *North American Journal of Aquaculture*, 72(4): 298-303.
- Zhu, Z., Kou, S., Zhang, X., Lin, Y., Chi, S., Yang, Q., & Tan, B. 2022. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) replacement for fishmeal in the diet for juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ *Epinephelus lanceolatus*♂). *Aquaculture Reports*, 25(2): 101224.

Zulita, D. 2020. *Kinerja Pertumbuhan Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus) yang diberi Pakan dengan Mencampurkan Tepung Eceng Gondok Terfermentasi Cairan Rumen Sapi*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 50 hlm.