

**TUGAS AKHIR - SB234801**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TONGKOL  
JAGUNG DAN BUNGKIL KELAPA SAWIT YANG  
DIFERMENTASI DALAM PAKAN TERHADAP  
PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

**NATANAEL HARI WIJAYA**

**NRP 5005201010**

Dosen Pembimbing

**Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si**

**NIP 19862018 12016**

**Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si**

**NIP 19690907 199803 2 001**

**Program Studi Biologi**

Departemen Biologi

Fakultas Sains dan Analitika Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024



**TUGAS AKHIR - SB234801**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TONGKOL  
JAGUNG DAN BUNGKIL KELAPA SAWIT YANG  
DIFERMENTASI DALAM PAKAN TERHADAP  
PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

**NATANAEL HARI WIJAYA**

**NRP 5005201010**

Dosen Pembimbing

**Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si**

**NIP 19862018 12016**

**Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si**

**NIP 19690907 199803 2 001**

**Program Studi Biologi**

Departemen Biologi

Fakultas Sains dan Analitika Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024



**FINAL PROJECT - SB234801**

**THE EFFECT OF FERMENTED CORN COB AND PALM  
KERNEL IN FISH FEED ON TILAPIA (*Oreochromis  
niloticus*) GROWTH**

**NATANAEL HARI WIJAYA**

**NRP 5005201010**

Advisor

**Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si**

**NIP 19862018 12016**

**Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si**

**NIP 19690907 199803 2 001**

**Bachelor Program Of Biology**

Department of Biology

Faculty of Science and Data Analytics

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG DAN BUNGKIL KELAPA SAWIT YANG DIFERMENTASI DALAM PAKAN TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar S.Si pada  
Program Studi S1 Biologi  
Departemen Biologi  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **NATANAEL HARI WIJAYA**

NRP. 5005201010

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si   | Pembimbing I  |
| 2. Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si | Pembimbing II |
| 3. Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.     | Penguji I     |
| 4. Dr. Dra. Nurlita Abdulgani, M.Si    | Penguji II    |

Kepala Departemen



Prof. Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M. Si.

NIP. 1969121 199802 2 001

**SURABAYA**

**Juli, 2024**

## APPROVAL SHEET

### THE EFFECT OF FERMENTED CORN COB AND PALM KERNEL IN FISH FEED ON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) GROWTH

#### FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements

For obtaining a degree S.Si at

Bachelor Program of Biology

Department of Biology

Faculty of Science and Data Analytics

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : NATANAEL HARI WIJAYA

NRP. 5005201010

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si

Advisor

2. Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si

Co-Advisor

3. Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.

Examiner

4. Dr. Dra. Nurlita Abdulgani, M.Si.

Examiner



Head of Department



Prof. Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M. Si.

NIP. 19691821 199802 2 001

SURABAYA

July, 2024

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Natanael Hari Wijaya / 5005201010

Program Studi : Biologi

Dosen Pembimbing / NIP : Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si / 19862018 12016

Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si / 19690907 199803 2 001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG DAN BUNGKIL KELAPA SAWIT YANG DIFERMENTASI DALAM PAKAN TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidak sesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 29 Juli 2024

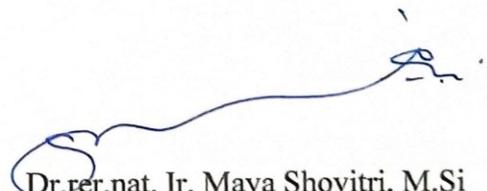
Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si  
NIP. 19862018 12016

Dosen Pembimbing II



Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si  
NIP. 19690907 199803 2 001

Mahasiswa



Natanael Hari Wijaya  
NRP. 5005201010

## STATEMENT OF ORISINALITY

The undersigned below:

Student / NRP : Natanael Hari Wijaya / 5005201010  
Department : Biologi  
Advisor / NIP : Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si / 19862018 12016  
Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si / 19690907 199803 2 001

Hereby declare that the Final Project with the title of "THE EFFECT OF FERMENTED CORN COB AND PALM KERNEL IN FISH FEED ON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) GROWTH" is the result of my own work, is original, and written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 29<sup>th</sup>, 2024

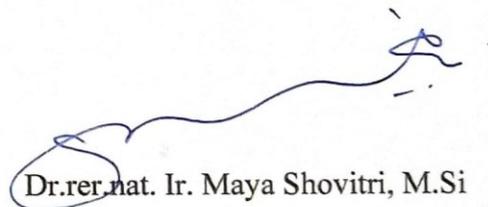
Acknowledged,

Advisor



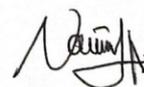
Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si  
NIP. 19862018 12016

Co-Advisor



Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si  
NIP. 19690907 199803 2 001

Student



Natanael Hari Wijaya  
NRP. 5005201010

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Tongkol Jagung dan Bungkil Kelapa Sawit yang Difermentasi dalam Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi pada Program Studi S1 Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik bimbingan, arahan, pengajaran, dan bantuan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2, yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Farid Kamal Muzaki, S. Si, M.Si selaku Ketua Sidang dan Ibu Dr. Dra. Nurlita Abdulgani, M. Si. selaku Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun terhadap proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Prof. Dewi Hidayati, S.Si, M.Si selaku dosen wali yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan berbagai dukungan selama perkuliahan.
4. Orang tua terkasih, Bapak Sugeng Riadi dan Ibu Ika Susiati yang telah membesarkan, mendidik, dan mendukung penulis dengan penuh kasih sayang.
5. Alfauzi S.W., M. Habib D. F., Nilam C. J., Zumrati F. S., dan Mariah Q. Z. yang turut memberikan berbagai bantuan selama proyek penelitian Tugas Akhir.
6. Anissa F., Savira R., M. Zamharir R., D. S. Annetta M., dan Antoni C. P. yang senantiasa untuk memberikan semangat, kekuatan, dan motivasi bagi penulis.
7. Teman-teman S1 Biologi ITS angkatan 2020, *Apis dorsata*, yang telah memberikan dukungan dan motivasi bagi penulis.
8. Teman-teman Paguyuban KSE ITS, ASADE dan HADUH yang telah memberikan berbagai dukungan bagi penulis.
9. Pak Afendi, para laboran, tendik, dan pihak – pihak yang telah banyak membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, Namun, besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2024

Natanael Hari Wijaya

## ABSTRAK

### PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG DAN BUNGKIL KELAPA SAWIT YANG DIFERMENTASI DALAM PAKAN TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

Nama Mahasiswa / NRP : Natanael Hari Wijaya / 5005201010  
Departemen : Biologi – FSAD  
Dosen Pembimbing : Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si.  
: Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si.

#### Abstrak

Pakan ikan merupakan salah satu komponen biaya terbesar dalam budidaya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit merupakan limbah agroindustri yang berpotensi sebagai bahan baku alternatif pakan ikan. Namun, tingginya kandungan serat kasar dalam kedua limbah tersebut dapat menghambat penyerapan nutrisi pakan. Oleh karena itu, kedua limbah tersebut harus difermentasi terlebih dahulu untuk menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan kandungan nutrisinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi bioaktivator dari air cucian beras, tempe, limbah buah dan sayuran (1:1:1) pada pakan ikan terhadap pertumbuhan dan *survival rate* Ikan Nila. Formulasi pakan dilakukan dengan metode *Pearson's Square*. Pakan difermentasi dengan campuran bioaktivator selama 48 jam, kemudian dicetak menjadi pelet dengan ukuran  $\pm 2$  mm. Rancangan penelitian yang dilakukan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan variasi pakan yaitu kontrol (P0), tongkol jagung (P1), bungkil kelapa sawit (P2), tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit (P3). Nilai *survival rate* pada kelompok perlakuan P1, P2, dan P3 berada dalam kategori baik dengan nilai masing-masing sebesar 95%, 80%, dan 60%, sedangkan kontrol (P0) termasuk dalam kategori tidak baik dengan nilai sebesar 25%. Parameter pertumbuhan berat mutlak (BM), panjang mutlak (PM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS) pada kontrol (P0) menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan signifikan dibandingkan dengan kelompok perlakuan (P1, P2, dan P3), serta tidak terdapat perbedaan signifikan di antara nilai BM, PM, dan LPS kelompok perlakuan. Di antara perlakuan, P2 memberikan nilai BM dan LPS tertinggi, masing-masing sebesar  $0,91 \pm 0,44$  gram dan  $0,55 \pm 0,29\%$ , sedangkan P1 memberikan nilai PM tertinggi sebesar  $0,63 \pm 0,20$  cm.

**Kata Kunci:** *bungkil kelapa sawit, pakan ikan, pertumbuhan, tongkol jagung, survival rate.*

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF FERMENTED CORN COB AND PALM KERNEL IN FISH FEED ON TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) GROWTH

**Student / NRP** : Natanael Hari Wijaya / 5005201010  
**Department** : Biologi – FSAD  
**Advisor** : Nova Maulidina Ashuri, S.Si, M.Si  
: Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si

#### Abstract

Fish feed is one of the largest cost components in tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation. Corn cob and oil palm meal waste is an agro-industrial waste that has the potential to be an alternative raw material for fish feed. However, the high content of crude fiber in both wastes can inhibit the absorption of feed nutrients. Therefore, the two wastes must be fermented first to reduce the level of crude fiber and increase their nutritional content. This study aims to determine the effect of the addition of corn cob and palm kernel waste fermented by bioactivators from rice washing water, tempeh, fruit and vegetable waste (1:1:1) on fish feed on the growth and survival rate of tilapia. Feed formulation is carried out using the Pearson's Square method. The feed is fermented with a bioactivator mixture for 48 hours, then molded into pellets with a size of  $\pm 2$  mm. The research design carried out was a Complete Random Design with the treatment of feed variations, namely control (P0), corn cob (P1), oil palm meal (P2), corn cob and oil palm meal (P3). The survival rate values in the P1, P2, and P3 treatment groups were in the good category with values of 95%, 80%, and 60%, respectively, while the control (P0) was included in the bad category with a value of 25%. The absolute weight (BM), absolute length (PM), and specific growth rate (LPS) growth parameters in the control (P0) showed higher and significant values compared to the treatment group (P1, P2, and P3), although there was no significant difference between the BM, PM, and LPS values of the treatment. Among the treatments, P2 gave the highest BM and LPS values,  $0.91 \pm 0.44$  grams and  $0.55 \pm 0.29\%$ , respectively, while P1 gave the highest PM value of  $0.63 \pm 0.20$  cm.

**Keywords:** *corn cob, fish feed, growth, palm kernel, survival rate.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
APPROVAL SHEET.....	v
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	vi
STATEMENT OF ORISINALITY .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Pakan Ikan.....	4
2.2 Formulasi Pakan dengan Metode <i>Pearson's Square</i> .....	5
2.3 Tongkol Jagung.....	6
2.4 Bungkil Kelapa Sawit .....	7
2.5 Fermentasi .....	8
2.5.1 Bakteri Asam Laktat .....	8
2.5.2 Mikroorganisme Lokal .....	9
2.5.3 <i>Eco-enzyme</i> .....	9
2.6 Biologi Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	10
2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) .....	10
2.6.2 Sistem Pencernaan Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ).....	11
2.6.3 Siklus Hidup Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) .....	12
2.7 Budidaya Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) .....	12
BAB III METODOLOGI .....	14
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	14

3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode Pelaksanaan.....	14
3.3.1 Pembuatan Bioaktivator.....	15
3.3.2 Pembuatan Pakan Ikan.....	16
3.3.3 Analisis Proksimat Pakan Ikan .....	17
3.3.4 Pemeliharaan Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) .....	17
3.3.5 Pengambilan Data.....	17
3.4 Analisis Data .....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Analisis Proksimat Pakan Ikan.....	20
4.2 <i>Survival Rate</i> Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	22
4.3 Pertumbuhan Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	24
4.4 Hasil Pengamatan Kualitas Air .....	27
BAB V PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan .....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN .....	39
Lampiran 1. Formulasi Pakan Ikan dengan metode <i>Pearson's Square</i> .....	39
Lampiran 2. Metode analisis proksimat pakan .....	41
Lampiran 3. Data Pengamatan .....	44
Lampiran 4. Hasil Analisis Data .....	47
Lampiran 4. Kegiatan penelitian .....	49
Lampiran 5. Dokumentasi Kelompok pakan perlakuan.....	52
BIODATA PENULIS.....	53

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Gambaran <i>Pearson's Square</i> untuk menghitung kadar protein yang diinginkan dalam pakan (Tell et al., 2023). .....	6
<b>Gambar 2. 2</b>	Morfologi Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) secara lateral (Hasan & Tamam, 2019).....	11
<b>Gambar 2. 3</b>	Ilustrasi struktur anatomi internal pada Ikan (Gopalakrishnan, 2014) .....	12
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	14
<b>Gambar 3. 2</b>	Drum dengan selang air untuk mencegah ledakan selama fermentasi anaerob. ....	15
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik pertumbuhan panjang (A) dan berat (B) ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ). .....	24

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Syarat Mutu Pakan ikan Nila menurut SNI 7242:2018 .....	4
<b>Tabel 2.2</b> Tahap pemeliharaan ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) menurut SNI 6139:2009.....	13
<b>Tabel 2.3</b> Parameter Kualitas Air Ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) menurut SNI 7550 : 2009 .....	13
<b>Tabel 3. 1</b> Kandungan Protein dalam Bahan Pakan Ikan .....	16
<b>Tabel 3.2</b> Komposisi Bahan Pakan dengan Metode <i>Pearson's Square</i> .....	16
<b>Tabel 4.1</b> Hasil analisis proksimat pakan yang digunakan dalam setiap perlakuan.....	20
<b>Tabel 4.2</b> Data jumlah dan <i>survival rate</i> ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) selama masa pemeliharaan	22
<b>Tabel 4.3</b> Hasil perhitungan panjang mutlak (PM), berat mutlak (BM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS) ikan Nila ( <i>O. niloticus</i> ) setelah 35 hari .....	25
<b>Tabel 4.4</b> Data pengamatan kualitas air selama masa pemeliharaan.....	27

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sektor perikanan budidaya merupakan sektor yang berperan penting dalam menyokong perekonomian nasional di Indonesia (Suyono et al., 2022). Salah satu komoditas perikanan budidaya dengan produksi tertinggi di Indonesia adalah ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Budidaya ikan Nila banyak digemari karena mudah dipelihara, laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya cepat, serta tahan terhadap gangguan hama dan penyakit (Syuhriatin, 2020). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya tahun 2020 dalam Sartika et al. (2022) produksi ikan Nila tahun 2020 mencapai 1.235.514 ton, yang meningkat sebesar 4,02% sejak tahun 2016. Ikan ini juga digemari oleh masyarakat karena kandungan nutrisinya yang tinggi. Dalam tiap 100 gram daging ikan Nila mengandung protein yang berkisar antara 12-16 g, lemak 0,1-0,18 g, dan karbohidrat 0,18-0,32 g (Ramlah et al., 2016).

Dalam mendukung budidaya ikan Nila yang intensif, tentunya juga diperlukan pakan dengan nutrisi yang baik. Pakan ikan merupakan komponen terbesar yang menempati 60-70% dari total biaya produksi (Rarrasari et al., 2021). Permasalahannya adalah harga pakan yang terus naik tiap tahun dan tidak mengimbangi harga jual ikan, sehingga merugikan pembudidaya ikan (Salamah et al., 2023). Naiknya harga pakan ikan disebabkan harga bahan baku yang mahal, dimana sumber bahan utama seperti tepung ikan dan tepung kedelai masih sering diimpor dari negara lain (Muliani et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan baku lain yang memiliki kualitas yang baik, mudah didapatkan, dan harganya lebih terjangkau. Salah satu cara memperoleh bahan baku murah adalah dengan memanfaatkan limbah, baik limbah pertanian maupun limbah perkebunan (Salamah et al., 2023).

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang ketersediaannya melimpah dan jarang dimanfaatkan (Yulfiperius et al., 2018). Pada tahun 2021, Indonesia merupakan produsen jagung terbanyak ke delapan dengan jumlah produksi mencapai 20 juta ton (Food and Agricultural Organization, 2023). Tiap produksi 100 kg jagung dapat dihasilkan limbah tongkol jagung hingga 18 kg (Zou et al., 2021). Menurut Novrianto et al. (2019) kandungan nutrisi pada tongkol jagung sekitar 11,38% protein, hampir setara dengan nutrisi dedak padi. Selain tongkol jagung, bungkil kelapa sawit juga merupakan limbah yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Bungkil kelapa sawit adalah produk sampingan dari minyak kelapa sawit. Bungkil kelapa sawit diketahui memiliki kandungan protein yang tinggi sebesar 18,60% (Nuraini & Trisna, 2006). Kandungan protein pada tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit membuat kedua bahan tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pakan ikan. Namun, hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kelemahan dari pemanfaatan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit sebagai pakan ikan terdapat pada kandungan serat kasarnya yang tinggi (Hadijah et al., 2019). Tongkol jagung mengandung serat kasar sebesar 21,09% (Novrianto et al., 2019), sementara bungkil kelapa sawit sebesar 21,08% (Nuraini & Trisna, 2006). Kandungan serat kasar yang tinggi akan sulit dicerna oleh enzim dalam sistem pencernaan ikan sehingga dapat mengurangi jumlah energi yang dapat dikonversi (Hadijah et al., 2019). Nilai serat kasar pada bahan pakan dapat diturunkan

kandungannya dengan fermentasi menggunakan bioaktivator (Nurulaisyah et al., 2021; Putra et al., 2020).

Bioaktivator merupakan campuran dari berbagai jenis mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mempercepat laju dekomposisi bahan-bahan organik (Firdaus et al., 2014). Mikroorganisme Lokal (MOL) dapat digunakan sebagai bioaktivator karena terdiri dari berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri selulolitik, bakteri proteolitik, dan jamur yang dapat merombak bahan organik (Khasanah et al., 2019). MOL dapat diperoleh dari berbagai bahan lokal seperti ragi tempe, cairan rumen hewan ruminansia, buah-buahan, dan sampah rumah tangga (Firdaus et al., 2014; Pradana et al., 2022). Tempe dapat dimanfaatkan sebagai sumber MOL karena mikroorganisme-mikroorganisme aktif selama proses fermentasi tempe dapat menghasilkan enzim protease dan lipase dengan aktivitas yang tinggi (Sine dan Soetarto, 2018). Enzim protease dan lipase sangat penting dalam proses fermentasi pakan karena dapat merombak lemak dan protein menjadi komponen yang lebih mudah dicerna. Fermentasi pakan juga sering memanfaatkan bakteri asam laktat (BAL) yang dapat menghasilkan enzim untuk merombak karbohidrat dalam pakan, sehingga meningkatkan penyerapan nutrisi dan konsumsi pakan (Oktaviani et al., 2021). BAL diketahui dapat diperoleh dari air cucian beras yang difermentasi selama waktu tertentu (Sitepu et al., 2021). Selain MOL dan BAL, pemanfaatan *eco-enzyme* selama fermentasi pakan juga diketahui dapat meningkatkan kekebalan hewan budidaya (Ervinta et al., 2020). Salah satu cara untuk menghasilkan *eco-enzyme* adalah fermentasi limbah buah dan sayuran selama waktu tertentu (Purba et al., 2022).

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari pemanfaatan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan pakan ikan yang difermentasi dengan campuran bioaktivator. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah digunakannya campuran hasil fermentasi tempe, air cucian beras, dan limbah organik dari buah & sayuran sebagai bioaktivator untuk fermentasi pakan. Dengan demikian, pakan ikan yang dibuat memiliki nilai gizi yang sesuai kebutuhan nutrisi ikan Nila (*O. niloticus*) dengan bahan baku yang lebih terjangkau.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian untuk mengetahui potensi dari pemanfaatan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit pada pakan ikan, dapat dirumuskan permasalahan bagaimana pengaruh penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi pada pakan ikan terhadap pertumbuhan dan *survival rate* ikan Nila (*O. niloticus*)?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, lingkup penelitian ini dibatasi pada:

1. Kandungan jenis dan kelimpahan mikroorganisme dari masing-masing penyusun bioaktivator (air cucian beras, tempe, dan limbah buah sayuran) tidak diamati dalam penelitian ini.

2. Parameter pertumbuhan yang diamati dalam penelitian ini adalah berat dan panjang setiap minggu, berat dan panjang mutlak, serta laju pertumbuhan spesifik ikan Nila (*O. niloticus*)

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi pada pakan ikan terhadap pertumbuhan dan *survival rate* ikan Nila (*O. niloticus*).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah informasi ilmiah mengenai potensi limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi sebagai bahan pakan ikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk pakan alternatif, meningkatkan produktivitas budidaya perikanan, dan mengurangi pencemaran lingkungan melalui pemanfaatan limbah.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pakan Ikan

Pakan ikan merupakan komponen terbesar dalam produksi perikanan yang dapat mencapai 60-70% dari total biaya produksi perikanan (Rarrasari et al., 2021). Pakan ikan berdasarkan sumbernya dapat dibedakan menjadi pakan ikan alami dan pakan ikan buatan. Pakan ikan alami adalah makanan ikan berupa hewan dan tumbuhan yang telah tersedia di alam. Contoh pakan alami seperti zooplankton, fitoplankton, cacing sutra (*Tubifex* sp.), dan lain-lain (Saputro et al., 2021; Saputry & Latuconsina, 2022). Sementara itu, pakan ikan buatan adalah pakan yang dibuat dari campuran bahan pangan, baik nabati maupun hewani, yang diolah agar mudah dimakan dan dicerna oleh ikan (Andayani, 2019; Syuhriatin, 2020).

Pelet merupakan pakan ikan buatan yang dicetak dalam bentuk batangan atau bulatan kecil dengan ukuran tertentu (Sayuti et al., 2021; Zaenuri et al., 2014). Pembuatan pelet bertujuan untuk meningkatkan kepadatan pakan, mengurangi ruang penyimpanan, mengurangi biaya transportasi, dan memudahkan pemberian pakan (Yunaidi et al., 2019). Formulasi pelet ikan berperan penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan ikan. Nutrisi yang tepat akan memberikan pertumbuhan yang optimal, menjaga kesehatan, dan meningkatkan mutu produksi perikanan (Andayani, 2019; Sayuti et al., 2021). Standar nutrisi untuk pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Syarat Mutu Pakan ikan Nila menurut SNI 7242:2018

Parameter	Satuan	Persyaratan Mutu	
		Pendederan	Pembesaran
Kandungan Nutrisi:			
- Kadar Air, (Maks.)	%	12	12
- Kadar Abu, (Maks.)	%	12	12
- Kadar Protein, (Min.)	%	30	25
- Kadar Lemak, (Min.)	%	5	5
- Kadar Serat Kasar, (Maks.)	%	6	8
Nitrogen Bebas (Maks.)	%	0,2	0,2
Fosfor Total (Maks.)	%	1,2	1,2
Kandungan cemaran mikroba/toksin:			
- Alfatoksin B1 (Maks.)	µg/kg	20	20
- <i>Salmonella</i>	Kol/g	negatif	Negatif
Kandungan antibiotik:			
- Golongan nitrofuram (AOZ / AMOZ)	µg/kg	Ttd	Ttd
- <i>chloramphenicol</i>	µg/kg	Ttd	Ttd
Kestabilan dalam air:			
- Pakan Apung (Min.)	%/menit	85/15	85/15
- Pakan Tenggelam (mMn.)	%/menit	85/5	85/5
Diameter Pakan	Mm	Maks. 2	2 – 5
Konversi pakan	-	-	Maks. 1,5

Nutrisi pakan untuk ikan golongan omnivora seperti ikan nila harus terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin (Adi & Suryana 2023). Protein adalah salah satu komponen nutrisi yang menjadi indikator penting pada pakan ikan (Sayuti et al., 2021). Protein berperan dalam pembentukan sel-sel tubuh, mengganti jaringan yang rusak, dan sumber energi cadangan (Andayani, 2019; Zaenuri et al., 2014). Sementara itu, lemak pada pakan ikan berfungsi sebagai sumber asam lemak esensial, pelarut vitamin dan mineral yang tidak larut dalam air, serta sumber energi (Muliani et al., 2019; Ramlah et al., 2016). Kandungan lemak dalam pakan ikan berkisar rendah yaitu antara 4-18% agar tidak merusak mutu pakan. Kadar lemak yang terlalu tinggi dapat menimbulkan bau tengik pada pakan akibat oksidasi, dan menyebabkan kerusakan ginjal hingga kematian pada ikan (Adibrata et al., 2023). Selain protein dan lemak, kandungan serat kasar juga menentukan kualitas suatu pakan. Serat kasar merupakan penyusun utama dinding sel tumbuhan yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Aprillia et al., 2022). Menurut Mudjiman (2004) dalam Amri (2007) kandungan serat kasar dalam pakan sebaiknya tidak lebih dari 8% karena dapat menurunkan kualitas pakan. Kandungan serat kasar yang tinggi akan sulit dicerna oleh enzim dalam sistem pencernaan ikan sehingga dapat mengurangi jumlah energi yang dapat dikonversi (Aprillia et al., 2022; Nurulaisyah et al., 2021).

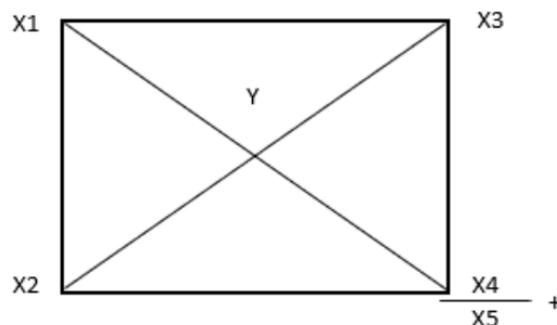
Berdasarkan Tabel 2.1 juga diketahui bahwa kadar air pada pelet ikan maksimal hanya 12%. Hal ini dikarenakan kadar air yang rendah akan menyebabkan pakan ikan tidak mudah ditumbuhi jamur sehingga memperpanjang daya dan umur simpan pakan (Zaenuri et al., 2014). Sementara itu, abu dalam pelet ikan termasuk komponen anorganik yang diperoleh dari sisa pembakaran senyawa bahan organik. Abu terdiri dari mineral yang terkandung dalam suatu bahan dan pencemar atau kotoran yang tidak dapat dikonsumsi lagi (Aprillia et al., 2022). Kandungan abu pada pelet ikan umumnya dipengaruhi oleh bahan baku tepung yang mudah mengalami *over cooking* (Zaenuri et al., 2014). Menurut Aprillia et al. (2022) kadar abu pada pakan ikan yang baik adalah kurang dari 13% karena semakin tinggi kadar abu maka semakin buruk kualitas pakan tersebut. Dalam pembuatan pakan ikan, pemilihan bahan baku harus memenuhi standar nutrisi yang telah ditetapkan. Bahan baku pakan juga sebaiknya bebas dari zat beracun yang dapat membahayakan ikan, tersedia dalam jumlah yang melimpah untuk memudahkan perolehan, dan memiliki harga yang terjangkau (Salamah et al., 2023; Sayuti et al., 2021).

## **2.2 Formulasi Pakan dengan Metode *Pearson's Square***

Formulasi pakan adalah proses penggabungan berbagai bahan pakan yang mengandung jumlah nutrisi yang berbeda, sehingga komposisi yang dihasilkan akan memenuhi kebutuhan spesifik spesies yang dibudidayakan (Millamena et al., 2002). Metode *Pearson's Square* merupakan salah satu metode formulasi pakan ikan dengan berdasarkan pengelompokan kandungan protein bahan baku pakan ikan, yang dibedakan menjadi protein basal dan protein suplemen (Sayuti et al., 2021). Protein basal adalah semua bahan baku baik nabati, hewani, maupun limbah yang memiliki kandungan protein kurang dari dua puluh persen (<20%). Sementara itu, protein suplemen merupakan semua bahan baku lain yang kandungan proteinnya lebih dari dua puluh persen (>20%) (Tell et al., 2023). Langkah-langkah formulasi

pakan dengan menggunakan metode *Pearson's Square* adalah sebagai berikut (Sayuti et al., 2021)

1. Bahan baku dikelompokkan berdasarkan protein basal dan suplemen.
2. Kotak segi empat dibuat dengan garis diagonal, protein target pakan (Y) dituliskan pada bagian tengah persilangan diagonal. Nilai protein basal (X1) dituliskan pada bagian segi empat kiri atas sedangkan protein suplemen (X2) dituliskan pada bagian kiri bawah seperti pada Gambar 2.1.
3. Nilai pada bagian kanan atas segi empat, diisi selisih protein target dengan protein suplemen (X3). Pada bagian kanan bawah segi empat, diisi selisih protein basal dengan protein target (X4).
4. Nilai pada bagian sebelah kanan dijumlahkan sehingga didapatkan nilai selisih total (X5) seperti pada Gambar 2.1.
5. Nilai protein basal diperoleh dengan cara nilai bagian kanan atas (X3) dibagi nilai total bagian kanan (X5) dikalikan 100%. Nilai protein suplemen diperoleh dengan nilai bagian kanan bawah (X4) dibagi nilai total bagian kanan (X5) dikalikan 100%. Komposisi bahan protein basal diperoleh dari nilai protein basal dibagi dengan jumlah penyusun protein basal. Sedangkan, komposisi bahan pada protein suplemen diperoleh dari nilai protein suplemen dibagi dengan jumlah penyusun protein suplemen.
6. Kandungan protein pakan yang dibuat sesuai dengan kandungan protein target, dapat dibuktikan dengan mengalikan kandungan protein bahan baku dengan masing-masing komposisi bahan baku, setelah itu semuanya dijumlahkan.
7. Pakan ikan dibuat sebanyak target yang didapatkan dengan mengalikan komposisi bahan baku dengan jumlah target pembuatan pakan ikan.



**Gambar 2.1** Gambaran *Pearson's Square* untuk menghitung kadar protein yang diinginkan dalam pakan (Tell et al., 2023).

### 2.3 Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan bagian organ betina tempat pelekatan bulir-bulir jagung yang dibungkus oleh kelobot atau kulit jagung. Sebanyak 30% bagian dari buah jagung adalah tongkol jagung yang dianggap sebagai limbah (Suwasono et al., 2022). Limbah tongkol jagung yang dibuang dan tidak dimanfaatkan dapat menjadi busuk sehingga berdampak negatif bagi lingkungan (Alpandari et al., 2022). Limbah tongkol jagung yang melimpah dapat menjadi sumber daya biomassa yang penting dan hingga saat ini telah banyak diteliti pemanfaatannya (Simanullang et al., 2021; Sosiati et al., 2021). Salah satu bentuk

pemanfaatan limbah tongkol jagung secara umum adalah sebagai bahan baku produksi pakan ternak. Hal ini dikarenakan kandungan nutrisi tongkol jagung telah terdiri dari nutrisi yang lengkap meliputi sumber karbon, nitrogen, mineral, dan vitamin (Sosiati et al., 2021). Menurut Novrianto et al. (2019) kandungan nutrisi dalam tongkol jagung terdiri dari sebesar 90% bahan kering, 11,38% protein kasar, 5,39% lemak kasar, 8,30% abu, 21,09% serat kasar, 16,06% air yang hampir setara dengan dedak padi. Menurut Islam et al. (2023) serat kasar yang tinggi pada tongkol jagung disebabkan kandungan hemiselulosa tongkol jagung yang tinggi 41,4%, kandungan selulosa 40%, kandungan lignin 5,8%. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku pakan ikan juga telah diteliti sebelumnya. Menurut Yulfiperius et al. (2018) pemanfaatan tongkol jagung untuk menggantikan dedak padi dalam pakan ikan nila dapat menghasilkan konversi pakan sebesar 1,36% serta efisiensi pakan hingga 58,47%. Penelitian Novrianto et al. (2019) juga menunjukkan bahwa pemanfaatan tongkol jagung sebagai campuran pada pakan buatan dapat menghasilkan kandungan protein pakan hingga 35% dan memberikan pertumbuhan yang baik pada ikan Tawes (*Puntius javanicus*). Namun, pemanfaatan tongkol jagung sebagai pakan masih berkualitas rendah karena kandungan serat kasar yang tinggi dan kadar protein yang rendah. Salah satu cara pengolahan untuk meningkatkan kandungan nutrisi dalam tongkol jagung adalah dengan melalui fermentasi (Arwinsyah et al., 2019).

#### **2.4 Bungkil Kelapa Sawit**

Bungkil kelapa sawit adalah produk sampingan dari minyak yang diekstraksi dari biji kelapa sawit melalui proses pengepresan atau ekstraksi pelarut (Azizi et al., 2021). Bungkil kelapa sawit diketahui berpotensi menjadi bahan baku pakan karena memiliki kandungan lemak, protein, mineral, dan karbohidrat yang baik. Menurut Nuraini & Trisna (2006) kandungan gizi bungkil kelapa sawit berdasarkan bahan kering terdiri dari protein kasar 18,60%, lemak 6,05%, serat kasar 21,08%, kalsium 0,34%, dan fosfor 0,57%. Bungkil kelapa sawit umumnya dimanfaatkan sebagai pakan ruminansia dan terbatas untuk non-ruminansia, seperti pada unggas dan ikan (Azizi et al., 2021). Hal ini disebabkan kandungan serat yang tinggi pada bungkil kelapa sawit akan terikat erat dengan protein, sehingga memengaruhi daya cerna dan daya serap protein pada hewan non-ruminansia (Dong et al., 2022). Serat kasar dalam bungkil kelapa sawit terdiri dari polisakarida non-pati berupa manan, galaktomanan, dan glukomanan yang dapat meningkatkan viskositas pakan sehingga menurunkan penyerapan nutrisi (Hendri et al., 2023). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk menghancurkan struktur serat dalam bungkil kelapa sawit adalah melalui teknologi fermentasi (Dong et al., 2022; Putra et al., 2020). Pemanfaatan bungkil kelapa sawit sebagai pakan ikan sebelumnya telah dilakukan melalui beberapa penelitian. Menurut Nikhlani et al. (2022) pemberian pakan berbahan dasar bungkil sawit berpengaruh pada pertumbuhan berat dan panjang ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) yang lebih tinggi dibandingkan pakan berbahan dedak. Penelitian serupa pada ikan nila (*O. niloticus*) juga telah dilakukan dimana pemberian pakan bungkil kelapa sawit yang difermentasi dapat menurunkan nilai serat kasar sebesar 50% dan menghasilkan nilai kecernaan total, serta kecernaan protein yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa fermentasi (Putra et al., 2020).

## 2.5 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses pemecahan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme anaerobik atau anaerobik fakultatif (Pradana et al., 2022). Teknik pengolahan pakan dengan metode fermentasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas nutrisi pada pakan (Khasanah et al., 2019). Pakan yang difermentasi juga memiliki keunggulan yaitu lebih mudah dicerna dan lebih tahan lama (Ervinta et al., 2020). Mikroorganisme alami yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi material organik selama proses fermentasi disebut sebagai bioaktivator (Sutrisno et al., 2020). Beberapa bioaktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bakteri asam laktat dari air bekas cucian beras, mikroorganisme lokal dari tempe, serta *eco-enzyme* dari limbah buah dan sayuran.

### 2.5.1 Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan kelompok bakteri yang menghasilkan asam laktat sebagai salah satu produk fermentasi utama melalui perombakan glukosa (Pradana et al., 2022). BAL termasuk dalam bakteri gram positif, bersifat aerotoleran, berbentuk kokus atau batang, dan tidak membentuk spora (Lee et al., 2019; Miranda et al., 2021). Berdasarkan jalur fermentasinya, BAL diklasifikasikan sebagai homofermentatif dan heterofermentatif. BAL homofermentatif menghasilkan asam laktat sebagai produk fermentasi akhir, sementara BAL heterofermentatif menghasilkan produk selain asam laktat seperti asam asetat, CO<sub>2</sub>, dan etanol (Miranda et al., 2021). BAL dapat diperoleh dari limbah air cucian beras karena limbah tersebut memiliki kandungan karbohidrat yang potensial sebagai medium pertumbuhan bakteri (Lee et al., 2019). Namun, air cucian beras tidak memiliki kandungan laktosa yang merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan bakteri asam laktat. Oleh karena itu, selama proses fermentasi air cucian beras perlu ditambahkan sumber laktosa seperti susu (Leko et al., 2018).

Beberapa penelitian menunjukkan pemanfaatan dari BAL untuk kesehatan manusia, hewan, industri makanan, dan pertanian. BAL umumnya diaplikasikan sebagai kultur *starter* pada produk fermentasi susu (seperti yoghurt dan keju), fermentasi daging, fermentasi sayuran, dan produk ikan fermentasi (Ashaolu & Reale, 2020; Lee et al., 2019). BAL juga banyak dimanfaatkan sebagai probiotik dalam kegiatan akuakultur, khususnya dalam peningkatan kualitas pakan, air, dan kesehatan ikan (Ringø et al., 2020). Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bila diberikan dalam jumlah yang memadai dapat memberikan manfaat kesehatan bagi inang. Genus-genus BAL yang umumnya digunakan sebagai probiotik diantaranya *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, dan *Leuconostoc* (Vieco-Saiz et al., 2019). Penambahan BAL pada pakan ikan dapat bermanfaat untuk mengatur keseimbangan mikroba dalam saluran pencernaan, meningkatkan efisiensi dan pemanfaatan pakan, meningkatkan respon imun, serta memperbaiki kualitas lingkungan (Oktaviani et al., 2021). BAL dapat menghasilkan enzim yang mampu menghidrolisis berbagai nutrisi pakan menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga dapat memudahkan pencernaan dan penyerapan dalam saluran pencernaan (Setyawan et al., 2014). Penambahan BAL pada pakan juga dapat membantu untuk mengurangi infeksi dari mikroba patogen terhadap ikan budidaya. Mekanisme penghambatan

patogen oleh BAL sebagai probiotik meliputi produksi senyawa penghambat, pencegahan adhesi patogen, kompetisi nutrisi, peningkatan kekebalan tubuh inang, peningkatan daya cerna nutrisi, peningkatan konversi pakan, dan pengurangan racun patogen (Vieco-Saiz et al., 2019).

### 2.5.2 Mikroorganisme Lokal

Mikroorganisme lokal (MOL) atau *indigenous microorganism* merupakan mikroorganisme yang dieksploitasi dari substratnya sendiri dan memiliki kemampuan optimal dalam mendegradasi substratnya. Melalui eksploitasi mikroorganisme lokal tersebut dapat dihasilkan enzim-enzim yang bermanfaat untuk proses fermentasi pakan berserat (Nasution et al., 2019). MOL banyak digunakan untuk fermentasi pakan karena berfungsi sebagai bioaktivator dalam pendegradasian dengan berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri selulolitik, bakteri proteolitik, dan mikroorganisme lainnya (Pradana et al., 2022). Selama fermentasi, MOL berperan menurunkan serat kasar dengan memecah ikatan selulosa pada bahan pakan menjadi glukosa. Melalui fermentasi pakan dengan MOL juga akan dihasilkan protein kasar yang lebih tinggi dan serat kasar yang lebih rendah (Khasanah et al., 2019).

Tempe merupakan makanan yang berasal dari kedelai yang difermentasikan. Pemanfaatan tempe untuk pembuatan MOL dapat dilakukan karena mengandung berbagai macam mikroorganisme pengurai yang berperan selama proses fermentasinya. Mikroorganisme utama yang berperan dalam fermentasi pembuatan tempe adalah kapang *Rhizopus* yang umumnya terdiri dari spesies *R. oligosporus*, *R. oryzae* dan *R. formosaensis* (Babu et al., 2009). Selain kapang *Rhizopus*, hasil penelitian (Pangastuti et al., 2019) juga menunjukkan adanya peran bakteri asam laktat seperti genus *Lactobacillus* and *Lactococcus* selama proses fermentasi pembuatan tempe. Pemanfaatan kapang *Rhizopus* selama proses fermentasi dapat menghasilkan berbagai macam enzim diantaranya enzim fitase, lipase, dan protease yang tinggi (Sine & Soetarto, 2018). Oleh karena itu, reaksi enzimatik *Rhizopus* selama fermentasi dapat menyediakan substrat yang mendukung pertumbuhan bakteri untuk mensintesis rasa dan komponen nutrisi lainnya (Pangastuti et al., 2019). Fermentasi pakan dengan menggunakan kapang *Rhizopus* juga diketahui mampu meningkatkan karakteristik fisik pelet ikan yang terbuat dari limbah agroindustri, seperti stabilitas dan daya apung di dalam air yang lebih baik (Leiskayanti et al., 2017; Zaman et al., 2018). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa fermentasi pakan menggunakan kapang *Rhizopus* selama 48 jam dapat meningkatkan stabilitas dan daya apung dalam air tanpa memerlukan ekstruder sebagai metode tambahan (Paramadini et al., 2019).

### 2.5.3 Eco-enzyme

*Eco-enzyme* merupakan larutan yang dihasilkan melalui fermentasi limbah sayuran dan buah-buahan sebagai substrat, dengan campuran gula dan juga air (Vama & Cherekar, 2022). *Eco-enzyme* pertama kali ditemukan oleh Dr. Rosukon Poompangvong dari Thailand pada tahun 2006. Karakteristik yang dimiliki *eco-enzyme* umumnya berupa larutan berwarna cokelat dengan aroma asam yang khas (Wahyu & Manggalou, 2023). *Eco-enzyme* dibuat dengan perbandingan gula merah/molase, limbah buah dan sayuran, serta air sebesar 1:3:10 yang difermentasi selama minimal 3 bulan (Purba et al., 2022). Limbah organik yang

digunakan dapat berasal dari kulit buah nanas, pisang, mangga (Viza, 2022), alpukat (Supebrianto & Handoko, 2023), dan limbah daun singkong (Ghina et al., 2022). Kulit buah nanas diketahui mengandung enzim bromelin, yaitu golongan enzim protease yang dapat menghidrolisis protein, protease, atau peptide (Putri & Saptarini, 2020). Kulit pisang yang difermentasi dapat menjadi substrat bagi mikroba untuk memproduksi enzim *xylanase* yang berfungsi untuk menghidrolisis hemiselulosa (Hastari & Mahdi, 2014). Sementara itu, kulit mangga dapat menghasilkan enzim amilase dan beberapa enzim lainnya seperti protease, peroxidase, dan *xylanase* (Ajila et al., 2007). Produk *eco-enzyme* dari kulit alpukat diketahui memiliki karakteristik menghasilkan enzim lipase dan protease (Supebrianto & Handoko, 2023). Penambahan gula merah/molase selama proses fermentasi berfungsi sebagai sumber glukosa, sumber karbon, dan nitrogen bagi mikroorganisme (Mustikarini et al., 2022).

*Eco-enzyme* terdiri dari beberapa komponen seperti asam asetat, koloni bakteri asam laktat, hidrogen peroksida, etanol, dan berbagai enzim biokatalitik (Wahyu & Manggalou, 2023). Selain itu, pemanfaatan *eco-enzyme* pada fermentasi pakan dapat berfungsi untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, menghilangkan bau tak sedap, dan meningkatkan kekebalan hewan budidaya (Ervinta et al., 2020). Hasil penelitian Purba et al. (2022) pada fermentasi pakan ikan dengan dosis *eco-enzyme* 40ml/kg selama 24 jam menunjukkan nilai tertinggi pada laju pertumbuhan relatif, rasio konversi pakan, efisiensi pakan, dan laju efisiensi protein dari bibit ikan nila.

## 2.6 Biologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

### 2.6.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila (*O. niloticus*)

Ikan nila (*O. niloticus*) adalah kelompok ikan subtropis hingga tropis yang berasal dari Afrika dan Timur Tengah bagian Barat Daya. Ikan ini pertama kali diintroduksi ke Indonesia untuk pengendalian biologis gulma dan serangga air. Ikan Nila digemari masyarakat Indonesia sebagai sumber makanan bergizi tinggi dengan kandungan protein mencapai 12-16 gram per 100 gram berat ikan (Ramlah et al., 2016). Klasifikasi ikan Nila (*O. niloticus*) menurut Trewavas (1983) sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: Animalia
<i>Phylum</i>	: Chordata
<i>Subphylum</i>	: Vertebrata
<i>Superclass</i>	: Gnathostomata
<i>Class</i>	: Actinopterygii
<i>Order</i>	: Perciformes
<i>Family</i>	: Cichlidae
<i>Genus</i>	: <i>Oreochromis</i>
<i>Species</i>	: <i>Oreochromis niloticus</i>

Morfologi ikan Nila dapat dibagi menjadi tiga bagian seperti anggota kelompok Pisces lainnya yaitu kepala, badan, dan ekor yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Kepala ikan nila berbentuk pipih, dengan mulut yang terletak di ujung hidung/*terminal* (Apriani et al., 2021). Mata ikan ini berbentuk bulat, menonjol, dan bagian tepiannya berwarna putih (Syuhriatin, 2020). Badan ikan Nila memanjang dan pipih, dengan lebar badan sepertiga dari total panjang

badannya. Sisiknya berukuran besar dengan tipe *ctenoid* (Apriani et al., 2021), berwarna hitam dan agak keputihan pada bagian bawah gurat sisi (Pasaribu et al., 2020). Gurat sisinya terputus antara bagian atas dan bawahnya, sementara linea lateralis bagian atas memanjang mulai dari penutup insang hingga di belakang sirip. Sirip ikan Nila terdiri atas sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip dubur, dan sirip ekornya, sirip dada (*pectoral fin*) memiliki 1 jari-jari sirip keras dan 5 jari-jari sirip lemah, sirip perut (*ventral fin*) memiliki 1 jari-jari sirip keras dan 5 jari-jari sirip lemah, sirip dubur (*anal fin*) memiliki 3 jari-jari keras dan 9-11 jari-jari sirip lemah, sirip ekor (*caudal fin*) memiliki 2 jari-jari lemah mengeras dan 16-18 jari-jari sirip lemah (Lukman et al., 2014). Ciri khas pada ikan ini adalah adanya garis vertikal berwarna hitam pada sirip ekor, punggung, dan sirip dubur (Mutia dan Razak, 2018). Pada bagian ekor ikan Nila memiliki bentuk sirip ekor yang tegak dengan warna kemerahan pada setiap siripnya sebagai indikasi kematangan gonad (Pasaribu et al., 2020).

Terdapat perbedaan morfologi pada ikan Nila jantan dan betina. Ikan Nila jantan memiliki bentuk tubuh yang lebih bulat dan agak pendek, serta warna yang lebih cerah dibandingkan ikan betina (Lukman, et al., 2014). Sirip punggung ikan Nila jantan lebih panjang dengan ujung yang meruncing, sementara ikan betina memiliki sirip yang lebih pendek dengan bentuk yang membulat. Pada ikan jantan terdapat dua lubang ekskresi yaitu lubang ekskresi urin dan sperma pada ujung papilla, serta lubang anus. Sementara ikan betina mempunyai tiga lubang pengeluaran, yaitu lubang anus, lubang pengeluaran telur, dan lubang ekskresi urin (Bhagawati et al., 2017)

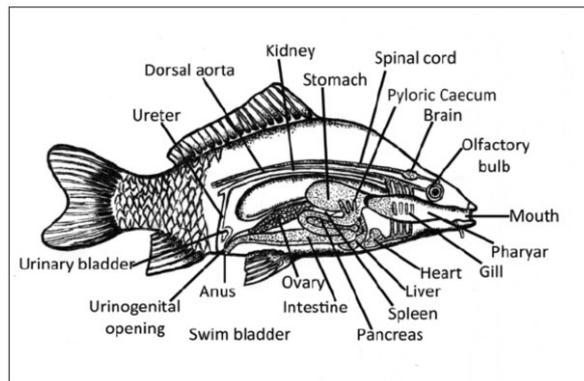


**Gambar 2.2** Morfologi Ikan Nila (*O. niloticus*) secara lateral (Kosai et al., 2014)

### 2.6.2 Sistem Pencernaan Ikan Nila (*O. niloticus*)

Sistem pencernaan ikan Nila (*O. niloticus*) terdiri dari mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus yang dapat diamati pada Gambar 2.3. Makanan masuk ke dalam mulut untuk kemudian menuju esofagus. Esofagus berbentuk seperti saluran pendek berotot, dan mengeluarkan lendir untuk membantu mendorong makanan menuju ke lambung (Okuthe & Bhomela, 2020). Pada dinding lambung terdapat kelenjar yang dapat menghasilkan cairan asam (*gastric juice*) dan sel-selnya mengeluarkan enzim untuk membantu proses pencernaan makanan di dalam usus. Ikan nila (*O. niloticus*) memiliki lambung dan usus yang berukuran kecil dan berpola sirkuler. Panjang ususnya berkisar sekitar 4 hingga 6 kali panjang tubuhnya untuk menyediakan permukaan yang luas dalam proses penyerapan nutrisi (Akmal et al., 2021). Sisa makanan yang tidak dapat dicerna akan dikeluarkan melalui anus dalam bentuk

feses, dengan bantuan lendir yang diproduksi oleh sel-sel di usus bagian distal dan rektum (Okuthe & Bhomela, 2020). Selain saluran pencernaan, ikan juga memiliki kelenjar pencernaan yang terdiri dari hati dan pankreas. Hati merupakan organ penting untuk metabolisme glukosa dan lipid, imunitas, dan detoksifikasi pada ikan. Sementara itu, pankreas memiliki fungsi untuk mensekresikan enzim-enzim pencernaan. Pankreas memiliki dua jenis sel, yaitu sel eksokrin yang mengeluarkan enzim pencernaan seperti protease, amilase, dan lipase, serta sel endokrin yang memproduksi hormon (Morina et al., 2017).



**Gambar 2.3** Ilustrasi struktur anatomi internal pada Ikan (Gopalakrishnan, 2014)

### 2.6.3 Siklus Hidup Ikan Nila (*O. niloticus*)

Satu siklus hidup ikan nila meliputi tahapan yang terdiri dari stadium telur, larva, benih, dewasa, dan induk. Daur hidup dari telur sampai menjadi induk berlangsung selama 5 - 6 bulan (Sucipto, 2020). Telur-telur yang telah dibuahi, kemudian dierami di dalam mulut induk betina. Setelah 4-5 hari, telur menetas menjadi larva dengan panjang larva 4-5 mm. Larva yang sudah menetas dibesarkan oleh induk betina hingga mencapai umur 11 hari dan berukuran 8 mm. Larva yang sudah tidak diasuh oleh induknya akan berenang secara bergerombol di bagian perairan yang dangkal atau di pinggir kolam (Amri & Khairuman, 2002). Selama fase awal pertumbuhan, ikan memiliki pertumbuhan yang cepat dan akan melambat setelah mencapai stadium dewasa. Ikan nila mencapai stadium dewasa pada umur 4-5 bulan dengan bobot sekitar 250 gram. Ikan nila dapat mencapai umur 9 tahun, dengan panjang 62 cm dan berat 3.650 gram (Dailami et al., 2021).

### 2.7 Budidaya Ikan Nila (*O. niloticus*)

Pada bidang ekonomi, ikan Nila banyak diperjualbelikan sebagai umpan, bahan pangan, dan berbagai olahan lainnya (Dailami et al., 2021). Saat ini, ikan Nila merupakan salah satu komoditas unggulan pada sektor perikanan budidaya. Hal ini dikarenakan ikan Nila mudah dipelihara, laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya cepat, serta tahan terhadap gangguan hama dan penyakit (Syuhriatin, 2020). Budidaya ikan Nila dengan populasi tunggal kelamin (*monosex*) jantan saat ini lebih banyak dilakukan. Hal ini dikarenakan ikan nila jantan memiliki laju pertumbuhan lebih cepat dan ukuran yang lebih seragam dibandingkan dengan nila betina. Laju pertumbuhan ikan nila jantan rata-rata 2,1 g/hari, sedangkan laju pertumbuhan ikan nila betina rata-rata 1,8 g/hari (Apriliza, 2012). Ikan betina umumnya tumbuh lebih lambat dikarenakan mengalihkan nutrisi yang didapatkannya untuk melakukan

vitelogenesis dan pematangan oosit (Maulana et al., 2023). Dalam kegiatan budidaya ikan Nila, terdapat beberapa kegiatan diantaranya pemijahan, pendederan, dan pembesaran. Fase pemijahan atau pembenihan merupakan proses pengawinan untuk menghasilkan telur hingga menetas telur menjadi larva, fase pendederan merupakan fase pemeliharaan larva hingga ukuran tertentu yang siap ditebarkan di kolam pembesaran, sementara fase pembesaran merupakan fase pemeliharaan ikan hingga siap dikonsumsi (Harifuzzumar et al., 2018). Menurut SNI 6139:2009, fase budidaya ikan Nila pada wadah kolam dibagi menjadi fase pemijahan, pendederan I, pendederan II, pendederan III, dan pembesaran I yang dapat diamati pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Tahap pemeliharaan ikan Nila (*O. niloticus*) menurut SNI 6139:2009

Fase	Kepadatan (ekor/m <sup>2</sup> )	Ukuran	Satuan	Dosis pakan (% / hari)	Frekuensi pakan (kali/hari)	Waktu pemeliharaan (hari)
Pemijahan	4	induk	-	3	3	30
Pendederan I	100	larva	-	30	5	30
Pendederan II	50	3 – 5	cm	20	3	30
Pendederan III	25	5 – 8	cm	10	3	30
Pembesaran I	5	8 – 12	cm	3	3	80

Dalam proses budidaya ikan nila, kualitas air juga memiliki peran yang penting. Jika kualitas air tidak memadai, maka pertumbuhan ikan akan menjadi lambat. Pemberian pakan yang berlebihan dapat menyebabkan sisa pakan menumpuk dan mengendap di dasar kolam. Hal ini dapat memengaruhi kualitas air, seperti peningkatan kadar amonia dan nitrat (Nurfitasari et al., 2020). Kisaran optimal kualitas air untuk budidaya ikan Nila menurut SNI 7550 : 2009 dapat diamati pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Parameter Kualitas Air Ikan Nila (*O. niloticus*) menurut SNI 7550 : 2009

Parameter	Satuan	Nilai
Suhu	°C	25 – 32
pH	-	6,5 – 8,5
Oksigen terlarut	mg/L	≥ 3
Amonia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,02
Kecerahan	cm	30 – 40

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli – Desember 2023 di Laboratorium Biosains dan Teknologi Hewan dan Laboratorium Akuakultur yang berlokasi di Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Sementara pengujian dilakukan di Laboratorium Gizi, Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, dan Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya.

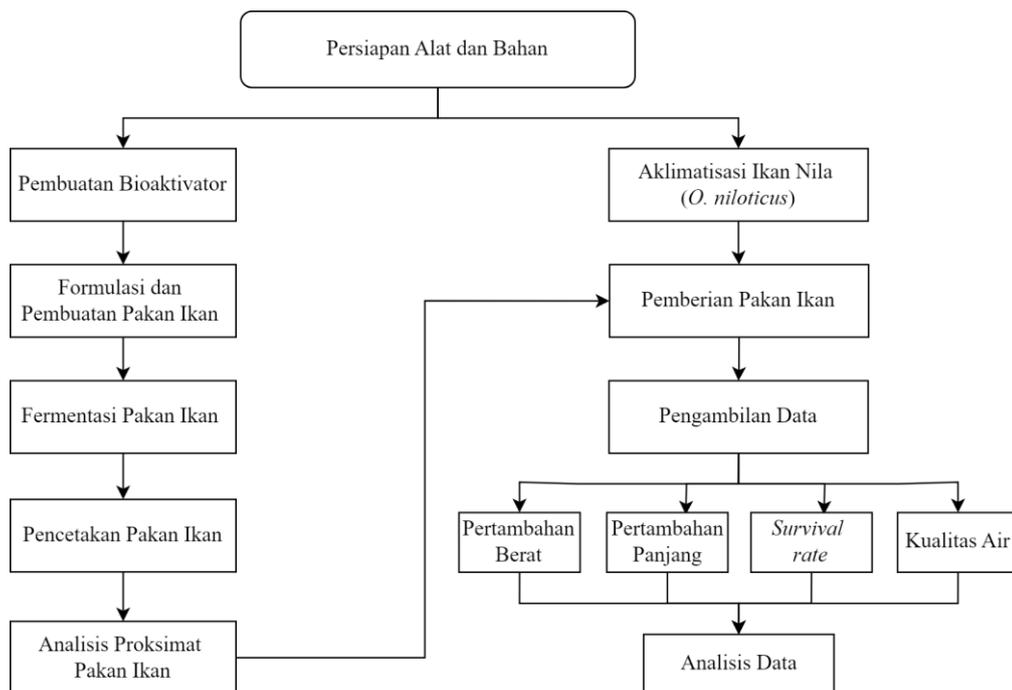
### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang diperlukan untuk penelitian ini adalah timbangan, autoclave, drum, jerigen, toples kaca, kain lap, selang, alat pencetak pelet *Mincer Multimaker*, loyang, gelas ukur, *beaker glass*, pipet ukur, pompa pipet, oven, akuarium kaca, aerator, meteran kain, saringan, termometer, pH meter, dan DO meter.

Bahan-bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah tempe, molase tebu, air, susu sapi, air bekas cucian beras, tisu, karet, kulit buah nanas, kulit buah pisang, kulit buah mangga, kulit buah alpukat, daun ubi, tongkol jagung yang sudah halus, bungkil kelapa sawit yang sudah halus, dedak padi, vitamin premix aquavita BOSTER<sup>®</sup>, tepung ikan, tepung cangkang telur, tepung tapioka, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), dan ikan Nila (*O. niloticus*).

### 3.3 Metode Pelaksanaan

Kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat digambarkan dalam suatu diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.3.1 Pembuatan Bioaktivator

#### 3.3.1.1 Bioaktivator 1 (Bioaktivator Air Cucian Beras)

Bioaktivator 1 dibuat melalui beberapa tahapan. Pada tahap pertama, air cucian beras sebanyak 750 mL dimasukkan ke dalam wadah steril. Mulut wadah ditutup dengan tiga lembar tisu dan dilakukan fermentasi selama 3 hari. Cairan keruh yang terdapat pada lapisan tengah hasil fermentasi diambil sebagai biakan bakteri pertama (Sitepu et al., 2021). Hal ini dikarenakan lapisan tengah diduga mengandung bakteri asam laktat yang melakukan fermentasi secara anerob (Miranda et al., 2021). Sementara lapisan lainnya merupakan produk fermentasi. Pada tahap kedua, biakan bakteri pertama sebanyak 200 mL dicampur dengan susu sapi segar sebanyak 2 L (rasio 1:10) dalam toples kaca. Campuran difermentasi secara semi-aerob dalam kondisi gelap selama 5 hari. Cairan keruh yang terdapat pada lapisan tengah hasil fermentasi diambil sebagai biakan bakteri kedua. Pada tahap ketiga, dilakukan perbanyakan biakan bakteri kedua. Biakan bakteri sebanyak 1 L dicampurkan dengan 20 L air dan 1.050 mL molase tebu ke dalam drum tertutup rapat seperti pada Gambar 3.2. Biakan bakteri kedua diperbanyak secara anaerob selama 7 hari. Berdasarkan sumbernya, bioaktivator 1 diasumsikan sebagai bakteri asam laktat (BAL).



**Gambar 3.2** Drum dengan selang air untuk mencegah ledakan selama fermentasi anaerob.

#### 3.3.1.2 Bioaktivator 2 (Bioaktivator Tempe)

Bioaktivator 2 dibuat dari campuran tempe, air, dan molase. Air sebanyak 21.375 mL dan 1.125 mL molase tebu dimasukkan ke dalam drum berukuran 30 liter. Tempe sebanyak 2.250 gram (10%) dipotong kecil-kecil terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam drum dan ditutup rapat seperti pada Gambar 3.2. Campuran difermentasi secara anaerob dalam drum selama 14 hari (Zahrotunnisa et al., 2022). Berdasarkan sumbernya, bioaktivator 2 diasumsikan sebagai MOL tempe.

#### 3.3.1.3 Bioaktivator 3 (Bioaktivator Limbah Buah & Sayuran)

Bioaktivator 3 dibuat dari campuran molase, limbah organik, dan air dengan perbandingan 1:3:10 (Purba et al., 2022). Limbah organik yang terdiri dari kulit buah nenas, pisang, mangga, alpukat, serta daun ubi masing-masing ditimbang sebanyak 900 gram. Molase sebanyak 1,5 L dilarutkan ke dalam 15 L air yang sebelumnya telah didiamkan selama 24 jam. Kemudian, limbah organik buah sayuran dengan total sebanyak 4,5 kg dicampurkan dengan molase dan air. Setelah itu, campuran difermentasi secara anaerob selama minimal 3 bulan. Setelah fermentasi selesai, larutan disaring dan dipindahkan ke dalam wadah baru yang tertutup rapat. Berdasarkan sumbernya, bioaktivator 3 diasumsikan sebagai *eco-enzyme*.

### 3.3.2 Pembuatan Pakan Ikan

#### 3.3.2.1 Formulasi Pakan Ikan

Bahan baku pakan yang dibuat dalam penelitian terdiri dari tongkol jagung, bungkil kelapa sawit, tepung ikan, dan dedak padi dengan kandungan protein yang dapat dilihat pada Tabel 3. 1. Pakan komersial digunakan sebagai kontrol (P0) dalam penelitian ini.

**Tabel 3. 1** Kandungan Protein dalam Bahan Pakan Ikan

Jenis	Bahan Baku	Protein (%)	Referensi
Protein Basal	Tongkol Jagung	6,54 – 11,38	(Novrianto et al., 2019; Fariani, 2009)
	Bungkil Kelapa Sawit	14,19 – 21,66	(Pasaribu et al., 2018; Nuraini & Trisna, 2006; Amri, 2007)
	Dedak Padi	9,32 – 13,9	(Ridla, et al., 2023; Novrianto et al., 2019; Novita et al., 2017)
Protein Suplemen	Tepung Ikan	37,19 – 58,97	(Sihite, 2017; Erlina, 2012; Utomo, 2013)

Formulasi pakan ikan dilakukan menggunakan metode *Pearson's Square* dalam Tell et al. (2023) dengan modifikasi. Perhitungan komposisi bahan menggunakan metode formulasi pakan *Pearson's Square* secara detail dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil perhitungan komposisi bahan baku pakan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Komposisi Bahan Pakan dengan Metode *Pearson's Square*

Bahan	Komposisi Bahan (%)		
	P1	P2	P3
Tongkol Jagung	15,54	-	11,11
Bungkil Kelapa Sawit	-	17,44	11,11
Dedak Padi	15,54	17,44	11,11
Tepung Ikan	58,42	54,61	56,18

**Keterangan:** P1 = Pakan dengan tongkol jagung; P2 = Pakan dengan limbah bungkil kelapa sawit; P3 = Pakan dengan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit.

#### 3.3.2.2 Fermentasi dan Pencetakan Pakan Ikan

Bahan penyusun pakan kemudian dicampurkan sesuai formulasi pada Tabel 3.2 dan difermentasi campuran bioaktivator dengan perbandingan bahan : campuran bioaktivator : air sebesar 100 gram : 20 mL : 80 mL. Campuran biokativator terdiri dari bioaktivator 1, bioaktivator 2, dan bioaktivator 3 dengan perbandingan yang sama yaitu 1:1:1. Fermentasi dilakukan selama 48 jam pada suhu ruang. Selanjutnya tiap campuran dicetak menjadi pelet dan dikeringkan dengan sinar matahari, lalu dilanjutkan menggunakan oven pada suhu 65°C. Pelet yang sudah jadi disimpan dalam tempat yang bersih dan kering.

### 3.3.3 Analisis Proksimat Pakan Ikan

Analisis proksimat yang diukur dalam pakan adalah kadar air, kadar abu, protein, lemak, dan serat kasar. Analisis proksimat pakan dilakukan di Laboratorium Gizi, Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga. Kadar air diukur dengan metode analisis SNI 01-2354.2-2006, kadar abu diukur dengan metode analisis SNI 01-2354.1-2006, kadar protein diukur dengan metode analisis SNI 01.2354.4-2006, kadar lemak diukur dengan metode analisis SNI 01-2354.3-2006, dan serat kasar diukur dengan metode analisis SNI 01-2891-1992. Metode analisis lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

### 3.3.4 Pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*)

#### 3.3.4.1 Persiapan Pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*)

Ikan Nila (*O. niloticus*) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang 5-7 cm (Sartika et al., 2022), diperoleh dari salah satu lokasi budidaya di Kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo. Ikan dipelihara dalam akuarium berukuran 44x25x25 cm yang dilengkapi sistem aerasi dan diberi sekat pada bagian tengahnya. Sebelum digunakan, akuarium dicuci dan dikeringkan, lalu diisi dengan air PDAM yang telah diendapkan selama 48 jam sebelumnya (Junicef, 2013). Berat dan panjang awal ikan diukur sebelum dimasukkan ke dalam akuarium.

#### 3.3.4.2 Pemberian Pakan dan Pemeliharaan Ikan Nila (*O. Niloticus*)

Pakan diberikan sebanyak 5% dari bobot biomassa ikan dengan frekuensi dua kali sehari pada pukul 07.00 – 08.00 WIB dan pukul 17.00 – 18.00 WIB (Iskandar & Elrifadah, 2015). Pemberian pakan dilakukan dengan ditebar langsung ke dalam akuarium. Sebelum perlakuan dimulai, ikan dipuasakan selama 24 jam untuk menghilangkan sisa pakan dalam saluran pencernaan. Masa pemeliharaan ikan dilakukan selama 35 hari yang dihitung sejak diberikan perlakuan. Penyiponan dilakukan setiap dua hari sekali untuk menjaga kebersihan akuarium. Penggantian air dilakukan setiap seminggu sekali, setelah dilakukan proses pengukuran panjang dan berat ikan (Swarto et al., 2018).

### 3.3.5 Pengambilan Data

Data yang dikumpulkan selama penelitian yaitu berat mutlak, panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, *survival rate*, dan kualitas air terhadap 4 pengulangan dari setiap perlakuan yang masing-masing berisi 5 ekor ikan. Pengambilan data berat dan panjang dilakukan sebanyak 6 kali selama penelitian dengan durasi setiap 7 hari sekali. Setiap pengambilan data dilakukan sebelum pemberian pakan pada ikan.

#### 3.3.5.1 Pertumbuhan Berat Mutlak

Pertumbuhan berat mutlak (BM) dihitung berdasarkan rumus Effendie (1997) dalam Mulqan et al. (2017) yang dapat dilihat pada persamaan (1).

$$BM = W_t - W_0 \quad (1)$$

Keterangan :

BM = Berat mutlak (gram)

$W_t$  = Berat ikan pada waktu ke-t (gram)

$W_0$  = Berat ikan pada waktu ke-0 (gram)

### 3.3.5.2 Pertumbuhan Panjang Mutlak

Pertumbuhan panjang ikan diukur antara ujung kepala hingga ujung ekor tubuh. Pertambahan panjang mutlak (PM) dihitung berdasarkan rumus Effendie (1997) dalam Mulqan et al. (2017) yang dapat dilihat pada persamaan (2).

$$PM = L_t - L_0 \quad (2)$$

Keterangan :

PM = Panjang Mutlak (cm)

L<sub>t</sub> = Panjang total rata-rata pada hari ke-t (cm)

L<sub>0</sub> = Panjang total rata-rata pada hari ke-0 (cm)

### 3.3.5.3 Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan Spesifik (LPS) dihitung berdasarkan rumus Zenneveld et al. (1991) dalam Mulqan et al. (2017) yang dapat dilihat pada persamaan (3).

$$LPS = \frac{(\ln W_t - \ln W_0)}{t} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

LPS = Laju pertumbuhan spesifik (%/hari)

W<sub>t</sub> = Berat ikan pada waktu ke-t (gram)

W<sub>0</sub> = Berat ikan pada waktu ke-0 (gram)

t = Hari pengamatan

### 3.3.5.4 *Survival Rate*

*Survival rate* (SR) dihitung berdasarkan rumus Muchlisin et al. (2016) dalam Mulqan et al. (2017) yang dapat dilihat pada persamaan (4).

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

SR : *Survival Rate* (%)

N<sub>t</sub> : Jumlah ikan hidup pada akhir penelitian (ekor)

N<sub>0</sub> : Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor)

### 3.3.5.5 Kualitas Air

Kualitas air yang diukur selama penelitian ini meliputi pengukuran suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan amonia. Pengukuran suhu, pH, dan DO dilakukan setiap 7 hari, sementara pengukuran amonia dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer, nilai ph diukur menggunakan pH meter, dan nilai DO diukur menggunakan DO meter.

Pengukuran amonia dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya berdasarkan metode Analisis N total. Tahap pertama larutan contoh dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam tabung Kjeldahl. Kemudian ditambahkan 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 2 gram campuran selen ke dalam larutan. Lalu larutan dipanaskan diatas

pemanas listrik atau api pembakar sampai mendidih dan larutan berubah menjadi kehijau-hijauan. Larutan kemudian didinginkan dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditepatkan sampai tanda garis. Selanjutnya ditambahkan 30 mL NaOH 40% dan disuling hingga tersisa 2/3 volume. Hasil suling/destilat dititrasi dengan larutan HCl 0,01 N, dengan indikator metilen blue sampai warna kehijauan. Kadar amonia dihitung dengan persamaan (5) menurut Badan Standardisasi Nasional (2005).

$$\text{Kadar Amonia (mg-N/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 1000}{V} \quad (5)$$

Keterangan:

A = Volume penitar untuk destilat (mL)

B = Volume penitar untuk blanko (mL)

N = Normalitas larutan penitar

V = Volume destilat yang ditritasi (mL)

### 3.4 Analisis Data

Faktor dalam penelitian ini yaitu variasi penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi campuran bioaktivator (Bioaktivator 1, Bioaktivator 2, dan Bioaktivator 3) pada pakan ikan. Respon yang diamati adalah pertumbuhan berat mutlak (BM), pertumbuhan panjang mutlak (PM), laju pertumbuhan spesifik (LPS), dan *survival rate* ikan Nila (*O. niloticus*). Pada analisis data, akan dilakukan uji normalitas data dengan metode Shapiro-Wilk. Apabila data memiliki distribusi normal, maka analisis statistik yang akan digunakan adalah ANOVA (*Analysis of Varians*) satu arah (*one-way*). Uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil pemberian pakan dengan bahan baku berbeda terhadap masing-masing respon. Jika hasil ANOVA menunjukkan ada perbedaan, maka dilakukan uji lanjut dengan Uji Dunnett untuk membandingkan rata-rata dari semua perlakuan terhadap kontrol. Analisis data dilakukan pada selang kepercayaan ( $\alpha$ ) 0.05 menggunakan program statistik SPSS<sup>®</sup> untuk Windows.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Proksimat Pakan Ikan

Pakan ikan dengan kandungan nutrisi yang sesuai diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dan memberikan hasil pertumbuhan yang optimal pada ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Adi & Suryana, 2023). Kandungan nutrisi dalam pakan ikan dipengaruhi oleh bahan-bahan dan metode yang digunakan selama proses pembuatan. Metode analisis proksimat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan nutrisi suatu bahan atau produk yang meliputi pengukuran beberapa komponen seperti kadar air, abu, protein, lemak, dan serat kasar. Analisis proksimat berfungsi sebagai evaluasi terhadap standar nutrisi yang telah ditetapkan (Simanjuntak & Ridwansyah, 2020). Analisis proksimat pakan dengan penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi dapat diamati pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil analisis proksimat pakan yang digunakan dalam setiap perlakuan

Kandungan nutrisi	Perlakuan				SNI 7242:2018
	P0	P1	P2	P3	
Protein (%)	48,6	38,42	40,17	41,31	≥ 30
Lemak (%)	8,29	5,46	5,60	6,92	≥ 5
Serat Kasar (%)	8,93	8,19	8,40	9,22	< 8
Air (%)	7,75	10,38	9,92	10,65	< 12
Abu (%)	4,70	5,26	4,72	5,28	< 12

**Keterangan:**

Analisis proksimat dilakukan oleh Laboratorium Gizi, Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kandungan protein tertinggi adalah P0 (48,60%), kemudian P3, P2, dan P1. Kandungan protein dalam pakan telah memenuhi kebutuhan minimal protein yang dibutuhkan oleh ikan Nila (*O. niloticus*) sesuai SNI 7242:2018 minimal sebesar 30%. Protein merupakan salah satu indikator penting pada pakan ikan karena berfungsi dalam pembentukan sel-sel tubuh, mengganti jaringan yang rusak, dan sumber energi cadangan (Andayani, 2019). Kandungan protein pakan dapat dipengaruhi oleh kandungan protein bahan bakunya. P1 yang dibuat dengan penambahan tongkol jagung menunjukkan kandungan protein yang paling rendah. Hal ini dapat disebabkan kandungan protein tongkol jagung yang rendah berkisar antara 6,54 – 11,38% (Fariani & Akadhiarto, 2009; Novrianto et al., 2019). Sementara itu, kandungan protein pada P2 yang dibuat dengan penambahan bungkil kelapa sawit lebih tinggi daripada P1. Hal ini disebabkan bungkil kelapa sawit memiliki kandungan protein yang lebih tinggi daripada tongkol jagung yang berkisar 14,19 – 21,66% (Amri, 2007; Nuraini & Trisna, 2006; Pasaribu et al., 2018).

Kandungan nutrisi yang selanjutnya diamati dalam pakan adalah lemak. Lemak pada pakan berfungsi sebagai sumber asam lemak esensial, pelarut vitamin dan mineral yang tidak larut dalam air, serta sumber energi (Muliani et al., 2019; Ramlah et al., 2016). Tabel 4.1

menunjukkan bahwa kandungan lemak tertinggi terdapat pada P0 (8,29%), diikuti oleh P3, P2, dan P1. Kandungan lemak dalam pakan memenuhi standar SNI 7242:2018, dengan nilai diatas 5%. P1 yang mengandung tongkol jagung memiliki kandungan lemak yang paling rendah, kemungkinan disebabkan oleh rendahnya kandungan lemak dalam tongkol jagung, sebesar 5,39% (Novrianto et al., 2019). Sebaliknya, P2 yang menggunakan bungkil kelapa sawit menunjukkan kandungan lemak yang lebih tinggi daripada P1. Hal ini diduga disebabkan bungkil kelapa sawit memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi daripada tongkol jagung yang berkisar 6,05% (Nuraini & Trisna, 2006).

Kandungan nutrisi yang selanjutnya diamati dalam pakan adalah serat kasar. Serat kasar dalam pakan ikan berfungsi dalam ekskresi sisa-sisa pakan di saluran pencernaan (Tahir et al., 2021). Tabel 4.1 menunjukkan kandungan serat kasar tertinggi terdapat pada P3 (9,22%), kemudian P0, P2, dan P1. Kandungan serat kasar pada setiap pakan melebihi batas SNI 7242:2018 yaitu maksimal 8%. Tingginya kandungan serat kasar dalam kelompok pakan perlakuan diduga disebabkan kandungan bahan nabati dalam pakan. Pemanfaatan bahan nabati untuk pakan ikan umumnya seringkali terbatas karena adanya faktor anti nutrisi berupa komponen serat kasar yang berdampak negatif pada asupan pakan dan status kesehatan ikan (Bulbul et al., 2013). Serat kasar dalam tongkol jagung diketahui sebesar 21,09% (Novrianto et al., 2019), sementara dalam bungkil kelapa sawit mencapai 21,08% (Nuraini & Trisna, 2006). Bungkil kelapa sawit diketahui mengandung faktor anti nutrisi berupa mannan, komponen serat kasar yang merupakan polisakarida kompleks dan sulit dicerna (Rusmiyanti et al., 2017).

Fermentasi pakan dengan bioaktivator bertujuan untuk menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan kualitas nutrisi di dalamnya. Bioaktivator yang digunakan diperoleh dari air cucian beras, tempe, limbah sayuran dan buah. Kapang *Rhizopus* sp. yang umumnya berada di tempe diketahui dapat memproduksi berbagai macam enzim ekstraseluler diantaranya selulase, hemiselulase, xilanase, dan amilase (Kwak et al., 2023). Enzim selulase yang dihasilkan dapat menghidrolisis selulosa dalam serat kasar menjadi molekul yang lebih sederhana, sehingga menurunkan kadar serat kasar dalam pakan. Menurut beberapa penelitian, kulit buah pisang dan mangga yang digunakan dalam bioaktivator juga dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme untuk memproduksi enzim xilanase yang berfungsi dalam menghidrolisis hemiselulosa (Ajila et al., 2007; Hastari & Mahdi, 2014). Tingginya kandungan serat kasar dalam kelompok pakan perlakuan diduga disebabkan oleh waktu fermentasi yang belum optimal, sehingga substrat belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin besar kesempatan mikroorganisme perombak untuk tumbuh dan menyebar, sehingga lebih efektif dalam mendekomposisi komponen serat dalam bahan pakan. Hal ini sesuai dengan penelitian Rostini et al. (2022) yang menunjukkan kandungan serat kasar pada tongkol jagung yang difermentasi semakin menurun seiring lamanya waktu fermentasi dari 0 hingga 20 hari.

Kadar air juga merupakan indikator yang penting untuk mengetahui kualitas pakan. Kadar air yang rendah akan menyebabkan pakan tidak mudah ditumbuhi jamur, sehingga memperpanjang umur simpan pakan (Zaenuri et al., 2014). Berdasarkan Tabel 4.1 kadar air tertinggi dalam kelompok pakan perlakuan terdapat pada P3 (10,65%), kemudian pada P1,

P2, dan P0. Kadar air pada pakan terutama dipengaruhi oleh proses pengeringan pakan. Kadar air dalam pakan telah sesuai dengan SNI 7242:2018 yaitu tidak melebihi 12%.

Kadar abu dalam pelet ikan termasuk komponen anorganik yang terkandung dalam suatu bahan yang tidak dapat dikonsumsi. Semakin tinggi kadar abu maka kandungan nutrisi yang dapat dimanfaatkan akan semakin rendah, sehingga kualitas pakan tersebut semakin buruk (Aprillia et al., 2022). Kadar abu tertinggi terdapat pada P3 (5,28%), kemudian P1, P2, dan P0. Kadar abu pada pakan yang digunakan telah sesuai dengan SNI 7242:2018 yaitu tidak melebihi 12%.

#### 4.2 Survival Rate Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

*Survival rate* atau tingkat kelangsungan hidup merupakan persentase jumlah ikan yang bertahan hidup pada akhir pemeliharaan terhadap jumlah ikan yang dipelihara pada awal pemeliharaan (Mulqan et al., 2017). Data kelangsungan hidup ikan Nila yang diberi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Data jumlah dan *survival rate* ikan Nila (*O. niloticus*) selama masa pemeliharaan

Perlakuan*	Ulangan	Minggu ke- (ekor)						Rata-rata <i>Survival rate</i> (%)
		0	1	2	3	4	5	
P0	1	5	5	4	3	1	1	25
	2	5	5	5	3	1	1	
	3	5	5	3	2	1	1	
	4	5	5	2	2	2	2	
P1	1	5	5	5	5	5	5	80
	2	5	5	5	5	5	5	
	3	5	5	5	5	5	5	
	4	5	5	3	2	2	1	
P2	1	5	5	5	5	5	5	95
	2	5	5	5	5	5	5	
	3	5	5	5	5	4	4	
	4	5	5	5	5	5	5	
P3	1	5	5	5	5	5	5	60
	2	5	5	5	4	1	1	
	3	5	5	5	5	4	3	
	4	5	5	5	5	5	3	

**Keterangan:**

Warna berbeda pada sel menunjukkan perubahan jumlah ikan selama pengamatan

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa tidak terjadi kematian ikan selama minggu pertama masa pemeliharaan. Terdapat kematian ikan di minggu kedua masa pemeliharaan pada P0 dan P1. Kematian ikan pada P3 didapati di minggu ketiga masa pemeliharaan. Sementara pada P2, kematian ikan baru didapati pada minggu keempat masa pemeliharaan. Nilai rata-rata *survival rate* tertinggi terdapat pada P2 sebesar 95%, lalu berturut-turut pada P1, P3, dan terendah pada P0 yaitu 25%.

Tingkat *survival rate* ikan selama masa pemeliharaan dapat dipengaruhi oleh kualitas pakan yang diberikan, tingkat kompetisi antar individu, dan kualitas air media budidaya.

Kandungan nutrisi pada pakan dapat memengaruhi tingkat *survival rate* ikan. Kandungan nutrisi yang cukup diperlukan agar ikan dapat mempertahankan pertumbuhan yang optimal, mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh, dan meningkatkan kesehatan (Adi & Suryana, 2023). Pada penelitian ini, pakan yang dibuat dengan penambahan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi diketahui telah memenuhi standar nutrisi yang diperlukan untuk kebutuhan nutrisi ikan Nila (Tabel 4.1). Menurut Dewi et al. (2022) nilai *survival rate* diatas 50% termasuk baik, 30-50% termasuk sedang, dan kurang dari 30% termasuk tidak baik. Berdasarkan hal tersebut, kelompok pakan perlakuan dengan penambahan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit yang difermentasi memberikan nilai *survival rate* yang baik untuk ikan Nila. Hal ini juga didukung penelitian sebelumnya oleh Putra et al. (2020) yang menunjukkan bahwa pemanfaatan tepung bungkil kelapa sawit yang difermentasi pada pakan ikan memberikan nilai *survival rate* sebesar 90-93% untuk ikan Nila.

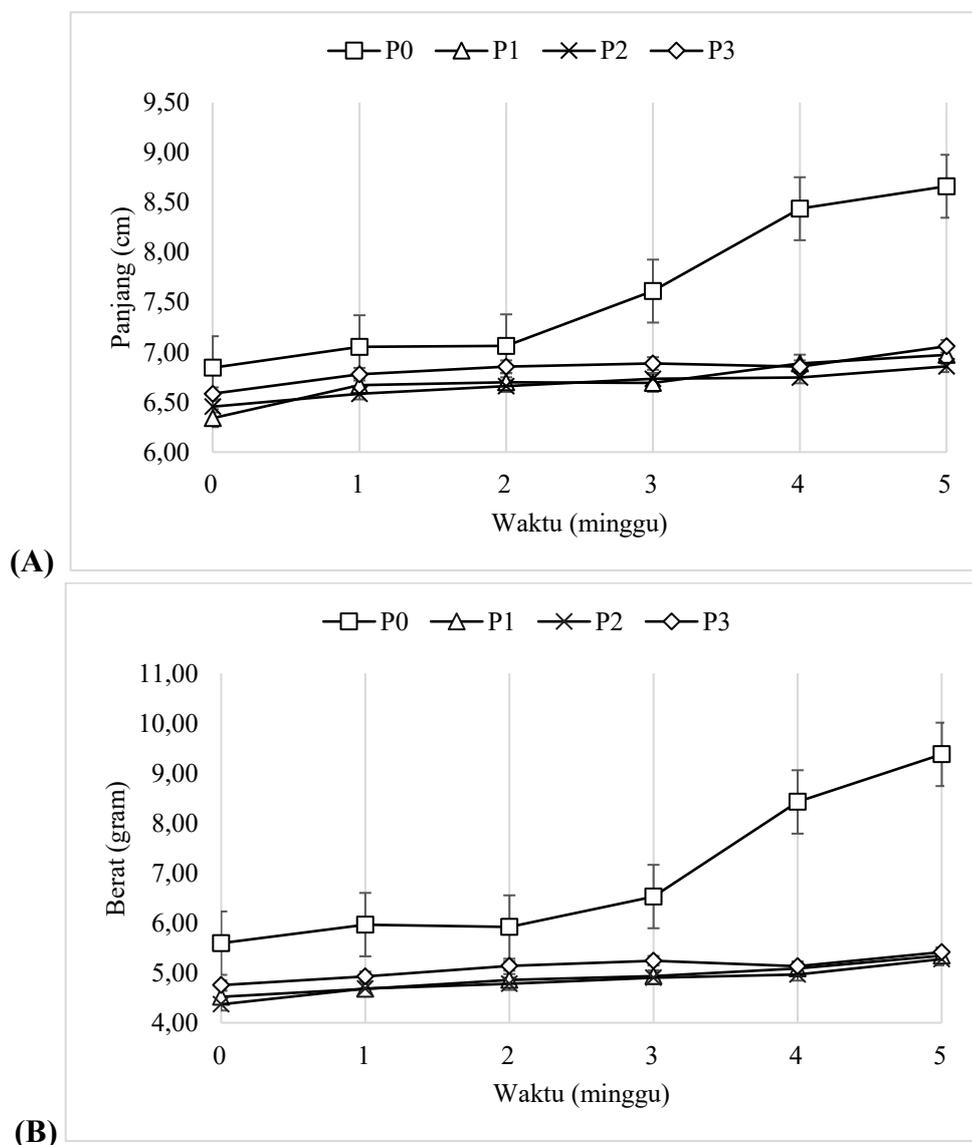
Nilai *survival rate* yang lebih tinggi pada kelompok perlakuan dibandingkan kontrol diduga karena pakan telah difermentasi dengan bioaktivator. Berdasarkan penelitian oleh Wicaksono (2023), bakteri yang telah diidentifikasi dalam bioaktivator diantaranya adalah *Lactobacillus* sp. dan *Bacillus* sp. Kedua bakteri tersebut memiliki potensi untuk berperan sebagai probiotik pada ikan. Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bila diberikan dalam jumlah yang memadai dapat memberikan manfaat kesehatan bagi inang (Vieco-Saiz et al., 2019). Pemanfaatan *Bacillus* sp. sebagai probiotik berpotensi untuk meningkatkan daya tahan tubuh ikan dengan cara menghambat pertumbuhan bakteri patogen melalui beberapa mekanisme yaitu produksi senyawa bakteriosin, asam organik, antibiotik, kompetisi nutrisi dengan bakteri patogen, dan imunostimulan (Kuebutornye et al., 2020). Penambahan bakteri *Lactobacillus* sp. ke dalam pakan terbukti dapat meningkatkan *survival rate* ikan Nila (*O. niloticus*) dikarenakan memiliki kemampuan untuk memodulasi mikrobiota usus, meningkatkan profil ekspresi gen imun, dan ketahanan terhadap berbagai penyakit (Foyisal et al., 2020). Pakan yang digunakan sebagai kontrol adalah pakan ikan yang dijual secara umum dan tidak dilakukan fermentasi dengan bioaktivator. Berbeda dengan pakan perlakuan yang memiliki komposisi lebih terkontrol, pakan komersil tersebut memiliki komposisi bahan baku yang tidak diketahui secara pasti. Hal ini diduga juga menjadi salah satu faktor yang dapat memengaruhi kesehatan ikan dibandingkan pakan perlakuan.

Kematian yang terjadi selama penelitian juga diduga disebabkan adanya persaingan antar individu. Berdasarkan hasil pengamatan, ikan cenderung berperilaku agresif dan saling menyerang selama masa pemeliharaan. Pada ikan yang telah mati ditemukan adanya luka dan kerusakan pada sirip. Timbulnya luka dapat menyebabkan terjadinya infeksi sehingga ikan rentan untuk mengalami kematian. Perilaku agresif ikan dapat disebabkan pemeliharaan dilakukan secara monosex sehingga meningkatkan adanya persaingan. Hal ini sesuai dengan penelitian Goncalves-de-Freitas et al. (2019) bahwa ikan Nila (*O. niloticus*) jantan akan saling menyerang sesamanya sebagai upaya untuk membentuk hierarki. Beberapa penelitian mengenai interaksi sosial diantara ikan Nila jantan juga menemukan bahwa interaksi persaingan dari kelompok dengan ukuran yang homogen lebih tinggi daripada kelompok heterogen (Barreto et al. 2015; Boscolo et al. 2011), serta dapat menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih rendah (Garcia et al. 2013).

Faktor lain yang diduga menyebabkan kematian ikan adalah kandungan amonia lingkungan budidaya selama masa pemeliharaan berkisar 1,0 – 5,5 mg/L yang tidak optimal berdasarkan SNI 7550:2009 (Tabel 4.4). Kandungan amonia yang tinggi dapat merusak jaringan insang pada ikan sehingga mengurangi kemampuan ikan dalam menyerap oksigen terlarut dalam air. Selain itu, amonia juga dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai organ, mengganggu metabolisme tubuh, dan menurunkan daya tahan tubuh terhadap infeksi, sehingga meningkatkan risiko kematian (Xu et al., 2021).

### 4.3 Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Pengaruh penambahan limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit pada pakan ikan dalam penelitian ini dapat diamati berdasarkan grafik pertumbuhan berat dan panjang ikan Nila (*O. niloticus*) selama masa pemeliharaan yang terdapat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Grafik pertumbuhan (A) panjang dan (B) berat ikan Nila (*O. niloticus*). P0: kontrol; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa grafik nilai rata-rata pertumbuhan berat dan panjang pada semua perlakuan cenderung meningkat hingga akhir masa pemeliharaan. Kelompok P0 menunjukkan pola peningkatan rata-rata pertumbuhan berat dan panjang yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok pakan perlakuan (P1, P2, dan P3). Nilai pertumbuhan yang lebih tinggi pada P0 diduga juga berkaitan dengan kepadatan individu dalam media budidaya. Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diamati bahwa terdapat peningkatan yang signifikan dalam nilai rata-rata pertumbuhan pada kelompok P0, terutama pada rentang waktu minggu ketiga hingga minggu kelima masa pemeliharaan. Peningkatan pertumbuhan ini diduga berkaitan dengan menurunnya populasi pada periode yang sama, seperti yang tercatat dalam Tabel 4.2. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penurunan kepadatan populasi dapat meningkatkan pertumbuhan ikan. Kepadatan yang lebih rendah memungkinkan ikan memiliki lebih banyak ruang gerak dan akses terhadap pakan, sehingga mengurangi persaingan dan nutrisi dari pakan lebih banyak digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan (Zubaidah *et al.*, 2020).

Hasil data pertumbuhan berat dan panjang kemudian digunakan untuk menganalisis pertumbuhan berat mutlak (BM), panjang mutlak (PM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS) Ikan Nila (*O. niloticus*) yang dapat diamati pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil perhitungan panjang mutlak (PM), berat mutlak (BM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS) ikan Nila (*O. niloticus*) setelah 35 hari

Perlakuan*	PM (cm)	BM (g)	LPS (%/hari)
P0	1,82 ± 0,48 <sup>a</sup>	3,78 ± 1,77 <sup>a</sup>	1,46 ± 0,65 <sup>a</sup>
P1	0,63 ± 0,20 <sup>b</sup>	0,82 ± 0,32 <sup>b</sup>	0,49 ± 0,21 <sup>b</sup>
P2	0,40 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,91 ± 0,44 <sup>b</sup>	0,55 ± 0,29 <sup>b</sup>
P3	0,47 ± 0,34 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,55 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,30 <sup>b</sup>

**Keterangan:**

Nilai (rata-rata ± SD) dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ).

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

Hasil analisis *one-way* ANOVA menunjukkan nilai pertumbuhan panjang mutlak (PM), berat mutlak (BM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS) yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Hasil uji Dunnett kemudian menunjukkan bahwa nilai PM, BM dan LPS pada kelompok pakan perlakuan (P1, P2, dan P3) berbeda secara signifikan dengan P0. Sementara itu, pertumbuhan pada P1, P2, dan P3 menunjukkan peningkatan yang tidak berbeda secara signifikan. Hal ini didukung dengan grafik pertambahan panjang dan berat ikan yang terdapat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.3 menunjukkan pakan P0 memiliki nilai PM dan BM yang tertinggi dibandingkan kelompok pakan perlakuan, masing-masing sebesar 1,82±0,48 cm dan 3,78±1,77 gram. Sementara itu, nilai PM pada kelompok pakan perlakuan berkisar 0,40-0,63 cm, dan nilai BM berkisar 0,66-0,91 gram. Tabel 4.3 juga menunjukkan bahwa pakan P0 memiliki nilai LPS yang tertinggi sebesar 1,46 ± 0,65%, sementara nilai LPS pada ikan yang diberikan perlakuan lebih rendah yaitu 0,37% hingga 0,55% per hari. Hasil yang didapatkan tersebut lebih rendah dari penelitian sebelumnya oleh Klahan *et al.* (2016) bahwa penambahan

tongkol jagung dalam bahan pakan ikan dapat menghasilkan LPS sebesar 1,59 hingga 1,74% pada ikan Nila. Sementara itu, penelitian Putra et al. (2020) juga menunjukkan bahwa penambahan bungkil kelapa sawit yang difermentasi dapat memberikan LPS 1,53% pada ikan Nila.

Pertumbuhan ikan dapat dipengaruhi oleh faktor kandungan nutrisi yang terdapat dalam pakan (Swarto et al., 2018). Hasil pertumbuhan yang lebih tinggi pada P0 diduga berkaitan dengan kandungan protein dan lemak yang lebih tinggi daripada kelompok pakan perlakuan (Tabel 4.1). Protein merupakan sumber asam amino esensial yang berperan penting dalam pembentukan otot, perbaikan jaringan, dan berbagai proses biologis dalam tubuh ikan (Andayani, 2019; Zaenuri et al., 2014). Protein yang terdapat dalam pakan akan dipecah menjadi peptida dan asam amino yang lebih kecil oleh enzim protease dalam saluran pencernaan. Asam amino ini kemudian akan digunakan dalam sintesis protein baru di dalam sel. Sintesis protein ini nantinya akan menghasilkan protein struktural yang berperan dalam pembentukan jaringan yang berdampak pada pertumbuhan ikan (Zhang et al., 2020). Semakin tinggi kandungan protein yang terdapat pada pakan, maka semakin tinggi kandungan asam amino yang dapat digunakan ikan untuk pemeliharaan tubuh dan meningkatkan laju pertumbuhan ikan (Sopha et al., 2015). Selain itu, nilai pertumbuhan yang lebih rendah pada kelompok pakan perlakuan dapat disebabkan kandungan protein nabati yang umumnya memiliki daya cerna lebih rendah karena kandungan serat kasarnya yang tinggi (Nurfitasari et al., 2020).

Menurut Niode et al. (2017), pertumbuhan berat ikan bisa meningkat secara signifikan jika tersedia sumber energi lain yang mencukupi selain protein. Lemak pada pakan ikan berfungsi sebagai sumber energi, sumber asam lemak esensial, pelarut vitamin dan mineral yang tidak larut dalam air (Muliani et al., 2019; Ramlah et al., 2016). Kandungan lemak yang tinggi dalam pakan tidak hanya menyediakan energi yang dibutuhkan untuk berbagai aktivitas metabolik ikan, tetapi juga memungkinkan protein untuk lebih fokus digunakan dalam proses sintesis jaringan dan pertumbuhan otot. Hal ini disebut dengan *protein sparing effect*, di mana protein yang dikonsumsi lebih banyak digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan daripada diubah menjadi energi (Munisa et al., 2015). Dengan demikian, pemberian pakan yang dengan kandungan lemak yang lebih tinggi dapat mendukung pertumbuhan berat dan panjang ikan secara lebih efisien dan optimal.

Nilai pertumbuhan pada P3 cenderung menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan P1 dan P2, meski kandungan protein dan lemak pada P3 lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan kandungan serat kasar yang lebih tinggi pada P3 yaitu sebesar 9,22% (Tabel 4.1). Kadar serat kasar yang ideal untuk mendukung pertumbuhan ikan nila (*O. niloticus*) diketahui berada pada kisaran 4-8% (Putnarubun et al., 2023), sehingga kandungan serat kasar dalam pakan perlakuan yang digunakan masih terlalu tinggi. Kandungan serat kasar yang masih tinggi ini dapat disebabkan substrat limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit pada pakan belum sepenuhnya didegradasi oleh mikroorganisme dalam bioaktivator. Serat kasar terdiri dari polisakarida kompleks yang sulit dicerna dalam sistem pencernaan ikan, sehingga kandungan yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan ikan (Aprillia et al., 2022; Nurulaisyah et al., 2021). Serat kasar akan meningkatkan viskositas makanan yang dicerna, sehingga mengurangi kontak antara enzim pencernaan dengan

substrat. Hal ini menyebabkan enzim pencernaan sulit menghidrolisis makronutrien dalam makanan, sehingga proses penyerapan nutrisi menjadi kurang efisien (Chen et al., 2020). Penelitian oleh Sultan et al. (2023) menunjukkan pemberian pakan dengan kandungan serat kasar 7,90% menghasilkan LPS ikan Nila (*O. niloticus*) sebesar 1,71% per hari, sementara pakan dengan kandungan serat kasar 7,00% dan 5,10% dapat menghasilkan LPS lebih tinggi masing masing sebesar 1,77% dan 1,89% per hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan serat kasar dalam pakan dapat menyebabkan laju pertumbuhan ikan Nila (*O. niloticus*) semakin menurun.

#### 4.4 Hasil Pengamatan Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu parameter penting yang harus diperhatikan dalam kegiatan budidaya ikan. Kualitas air media budidaya dapat secara tidak langsung memengaruhi *survival rate* dan pertumbuhan ikan (Islami et al., 2017). Hasil pengukuran kualitas air selama pemeliharaan dapat diamati pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Data pengamatan kualitas air selama masa pemeliharaan

Parameter	P0	P1	P2	P3	SNI 7550:2009
Suhu (°C)	24.1 – 25.9	24.8 – 25.6	24.0 – 26.0	24.2 – 26.5	25–32
pH	6.8 – 7.0	6.9 – 7.3	6.9 – 7.2	7.0 – 7.7	6.5–8.5
DO (mg/L)	7.7 – 8.7	6.4 – 8.7	4.5 – 8.3	6.5 – 8.8	≥3
Amonia (mg/L)*	1.0 – 5.1	1.0 – 4.9	1.0 – 5.2	1.0 – 5.5	<0.02

**Keterangan:**

P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

\* Hasil pengukuran amonia oleh Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya.

Suhu dalam budidaya merupakan salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi pertumbuhan, nafsu makan, aktivitas fisik, kecepatan berenang, serta rangsangan saraf ikan (Rizky et al., 2022). Rata – rata hasil pengukuran suhu selama pengamatan berkisar 24 – 26,5 °C. Berdasarkan SNI 7550:2009, suhu perairan yang baik untuk pembesaran ikan nila berkisar antara 25 – 32°C. Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa suhu lingkungan masih terlalu rendah atau dingin dan di bawah standar yang ditentukan (Tabel 4.4). Suhu yang rendah akan menghambat metabolisme karena menurunnya kerja enzim-enzim pencernaan, sehingga menyebabkan penurunan nafsu makan dan pertumbuhan ikan (Rizky et al., 2022). Suhu yang rendah pada penelitian ini diduga disebabkan budidaya dilakukan di dalam ruangan dan tidak dilengkapi alat pengontrol suhu.

Selain suhu, pH lingkungan budidaya juga dapat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Nilai pH yang tidak optimal dapat menyebabkan ikan stress, yang berakibat pada penurunan produktivitas, pertumbuhan yang terhambat, dan kerentanan terhadap penyakit sehingga meningkatkan risiko kematian (Rizky et al., 2022). Nilai pH yang dibutuhkan ikan untuk hidup adalah minimal 4 dan maksimal 11 (Siegers et al., 2019). Rata – rata hasil pengukuran pH selama pengamatan adalah 6,8 – 7,7 yang menunjukkan bahwa nilai pH telah optimal untuk budidaya ikan Nila (Tabel 4.4). Ikan Nila diketahui dapat

menoleransi pH yang berkisar 5-11, namun tumbuh dengan optimal pada pH yang berkisar 7-8 (Dewi et al., 2022). Salah satu upaya untuk mengontrol pH air budidaya adalah dengan melakukan penggantian air secara rutin (Islami et al., 2017). Perubahan suhu dan pH juga diketahui dapat memengaruhi jumlah oksigen terlarut dan konsentrasi amonia di dalam perairan (Rizky et al., 2022).

Rata-rata hasil pengukuran oksigen terlarut atau *dissolve oxygen* (DO) selama pengamatan berkisar 4,5 – 8,8 mg/L (Tabel 4.4). Berdasarkan SNI 7550:2009, nilai DO perairan yang baik untuk pembesaran ikan nila adalah lebih dari 3 mg/L. Hasil pengukuran DO menunjukkan bahwa DO lingkungan telah optimal untuk mendukung budidaya ikan Nila. Nilai DO yang baik pada penelitian ini dipengaruhi oleh adanya aerasi sepanjang waktu. Menurut Francissca & Muhsoni (2021) nilai DO yang ideal untuk ikan budidaya umumnya adalah 5 mg/L. Nilai DO yang ideal memungkinkan ikan untuk dapat melakukan metabolisme dengan baik, sementara nilai DO rendah akan mengakibatkan penurunan nafsu makan dan metabolisme ikan sehingga pertumbuhan ikan akan menurun (Rizky et al., 2022). Nilai DO antara 1.0 –5.0 mg/L diketahui memperlambat pertumbuhan ikan, sementara rentang DO antara 0,3 – 1,0 mg/L dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan kematian pada ikan (Sugianti & Astuti, 2018).

Rata-rata hasil pengukuran amonia selama pengamatan berkisar 1,0 – 5,5 mg/L (Tabel 4.4). Nilai amonia selama masa pemeliharaan menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dari SNI 7550:2009 untuk pembesaran ikan Nila yaitu kurang dari 0,02 mg/L. Amonia merupakan senyawa toksik yang dapat mengganggu kesehatan ikan (Wahyuningsih et al., 2020). Tingginya konsentrasi amonia dapat disebabkan adanya akumulasi bahan organik terlarut yang berasal dari sisa pakan dan kotoran ikan di dalam media pemeliharaan (Islami et al., 2017). Ikan umumnya mengeluarkan 80-90% amonia dari proses osmoregulasi, dan sekitar 10-20% dari feses dan urin (Karimah, 2018). Konsentrasi amonia yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan, menyebabkan konversi pakan yang buruk, dan mengurangi resistensi terhadap penyakit, serta kematian pada ikan pada konsentrasi yang terlalu tinggi (Wahyuningsih et al., 2020). Menurut Ahriani & Syam (2023) konsentrasi amonia yang ideal bagi ikan adalah 0,5 mg/L, sementara konsentrasi amonia sebesar 1,2 mg/L dapat mengganggu pertumbuhan ikan Nila. Toksisitas amonia juga akan meningkat jika terjadi peningkatan pH dan suhu pada media budidaya (Wahyuningsih et al., 2020). Konsentrasi DO yang tinggi diketahui dapat mencegah dampak toksik dari akumulasi amonia pada media pemeliharaan karena tercukupinya kandungan oksigen bagi ikan (Islami et al. 2017).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai *survival rate* pada kelompok perlakuan P1, P2, dan P3 berada dalam kategori baik dengan nilai masing-masing sebesar 95%, 80%, dan 60%, sedangkan kontrol (P0) termasuk dalam kategori tidak baik dengan nilai sebesar 25%. Pada parameter pertumbuhan, yaitu berat mutlak (BM), panjang mutlak (PM), dan laju pertumbuhan spesifik (LPS), kontrol (P0) menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kelompok perlakuan (P1, P2, dan P3). Namun, tidak terdapat perbedaan yang signifikan di antara nilai BM, PM, dan LPS dari perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini. Pada kelompok perlakuan, P2 memberikan nilai BM dan LPS tertinggi, masing-masing sebesar  $0,91 \pm 0,44$  gram dan  $0,55 \pm 0,29\%$ , sementara P1 memberikan nilai PM tertinggi sebesar  $0,63 \pm 0,20$  cm.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pengkajian lebih lanjut mengenai waktu fermentasi yang lebih optimal untuk menurunkan serat kasar dan meningkatkan kualitas nutrisi pada pakan.
2. Pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh pakan yang telah difermentasi bioaktivator terhadap daya tahan tubuh ikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, C. P., & Suryana, A. (2023). Pola pertumbuhan ikan nila *Oreochromis niloticus* di fase pendederan. **Jurnal Inovasi Hasil Penelitian Dan Pengembangan**, 3(2), 1–7.
- Adibrata, S., Astuti, R. P., Bahtera, N. I., & Lingga, R. (2023). Diseminasi Pembuatan Pellet Ikan Berprobiotik “Probio\_Fmubb” Kepada Pembudidaya Ikan. **Jurnal Abdi Insani**, 10(1), 142–152.
- Ahriani, A. F., & Syam, H. (2023). Pengaruh Penambahan Tepung Rumput Laut (*Sargassum* sp.) Pada Pakan Terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian**, 9(2), 235–248.
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Rao, U. J. S. P. (2007). Food Chemistry Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. **Food Chemistry**, 102, 1006–1011.
- Akmal, Y., Mutia Sena Devi, C., Humairani, R., & Zulfahmi, I. (2021). Morfometrik Sistem Pencernaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipapar Limbah Cair Kelapa Sawit. **Jurnal Galung Tropika**, 10(1), 68–81.
- Alpandari, H., Prakoso, T., & Astuti, A. (2022). Pemanfaatan Isolat Bakteri Tongkol Jagung Sebagai Bioaktivator Alami Dalam Pengomposan Tongkol Jagung (*Zea mays*). **Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)**, 1(1), 1–7.
- Amri, & Khairuman. (2002). **Budi Daya Ikan Nila Secara Intensif**. Agromedia Pustaka.
- Amri, M. (2007). Pengaruh Bungkil Inti Sawit Fermentasi Dalam Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.). **Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia**, 9(1), 71–76.
- Andayani, I. A. K. J. (2019). Pengaruh Penggantian Sebagian Campuran Tepung Ikan Dengan Ampas Kecap Dalam Pakan Ikan Terhadap Peningkatan Kadar Protein Ikan Kerapu Macan. **IJACR**, 1(1), 15–18.
- Apriani, Y. D., Rahmawati, N., Astriana, W., & Fatiqin, A. (2021). Analisis Morfometrik dan Meristik Ikan Genus *Oreochromis* sp. In **Prosiding Seminar Nasional Biologi**, 1(1), pp. 412–422.
- Apriliza, K. (2012). Analisa Genetic Gain anakan ikan nila kunti F5 hasil pembesaran I (D90-150). **Journal of Aquaculture Management and Technology**, 1(1), 132–146.
- Aprillia, R., Thaib, A., & Nurhayati, N. (2022). Analisis Proksimat Tepung Daun *Indigofera zollingeriana* Sebagai Suplemen Pakan Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Jurnal Tilapia**, 3(1), 47–53. <https://doi.org/10.30601/tilapia.v3i1.2591>
- Arwinskyah, Tafsir, M., & Yunilas. (2019). Effect of bio activator use on corn cobs as a complete feed on performance and digestibility of local sheep. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 260(1).
- Ashaolu, T. J., & Reale, A. (2020). A holistic review on euro-asian lactic acid bacteria fermented cereals and vegetables. **Microorganisms**, 8(8), 1–24.
- Azizi, M. N., Loh, T. C., Foo, H. L., & Chung, E. L. T. (2021). Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry? **Animals**, 11(2), 1–15.
- Babu, P. D., Bhakayaraj, R., & Vidhyalakshmi, R. (2009). A Low Cost Nutritious Food “Tempeh”-A Review. **World Journal of Dairy & Food Sciences**, 4(1), 22–27.

- Badan Standardisasi Nasional. (1992). **SNI 01-2891-1992 Cara uji makanan dan minuman**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). **SNI 06-6989.30-2005 Air dan air limbah - Bagian 30: Cara uji kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 01-2354.1-2006 Cara uji kimia-Bagian 1: Penentuan kadar abu pada produk perikanan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 01-2354.2-2006 Cara uji kimia-Bagian 2: Penentuan kadar air pada produk perikanan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 01-2354.3-2006 Cara uji kimia-Bagian 3: Penentuan kadar lemak total pada produk perikanan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 01-2354.4-2006 Cara uji kimia - Bagian 4: Penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 06-6989.30-2005 Air dan air limbah - Bagian 30: Cara uji kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). **SNI 7242:2018 Pakan buatan untuk ikan nila (*Oreochromis spp.*)**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Barreto, T. N., Boscolo, C. N. P., & Gonçalves-de-Freitas, E. (2015). Homogeneously sized groups increase aggressive interaction and affect social stress in Thai strain Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, *48*(5), 309-318.
- Boscolo, C. N. P., Morais, R. N., & Goncalves-de-Freitas, E. (2011). Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain. **Applied Animal Behaviour Science**, *135*(1-2), 154-159.
- Chen, M., Guo, L., Nsor-Atindana, J., Goff, H. D., Zhang, W., & Zhong, F. (2020). The effect of viscous soluble dietary fiber on nutrient digestion and metabolic responses II: In vivo digestion process. **Food Hydrocolloids**, *107*, 105908.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D., & Toha, A. (2021). **Ikan Nila**. Penerbit Brainy Bee.
- Dewi, N. P. A. K., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2022). Pola Kematian Ikan Nila Pada Proses Pendederan Dengan Sistem Resirkulasi Tertutup Di Sebatu, Bali. **Jurnal Perikanan Unram**, *12*(3), 323–332.
- Dong, W., Dong, S., Li, Y., Lei, Y., Peng, N., Liang, Y., Zhao, S., & Ge, X. (2022). Comprehensive utilization of palm kernel cake for producing mannose and manno-oligosaccharide mixture and yeast culture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, *106*(3), 1045–1056.
- Ervinta, Hasnudi, Mirwandhono, R. E., Ginting, N., & Simanullang, B. (2020). Fermentation by Eco Enzyme on Nutritional Content. **Jurnal Peternakan Integratif**, *8*(3), 211–220.

- Fariani, A. dan S. Akadhiarto. 2009. Pengaruh penambahan dosis urea dalam amoniasi limbah tongkol jagung untuk pakan ternak terhadap kandungan bahan kering, serat kasar, dan protein kasar. **Jurnal Rekayasa Lingkungan**. 5(1):1-6
- Firdaus, F., Purwanto, B., & Salundik. (2014). Dosis Penggunaan Mikroorganisme Lokal (MOL) Ragi Tempe Dan Isi Rumen Untuk Pengomposan. **Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan**, 02(1), 257–261.
- Food and Agricultural Organization. (2023). FAOSTAT Statistical Database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Foysal, M. J., Alam, M., Kawser, A. R., Hasan, F., Rahman, M. M., Tay, C. Y., & Gupta, S. K. (2020). Meta-omics technologies reveals beneficiary effects of *Lactobacillus plantarum* as dietary supplements on gut microbiota, immune response and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 520, 734974.
- Francissca, N. E., & Muhsoni, F. F. (2021). Laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada salinitas yang berbeda. **Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan**, 2(3), 166–175.
- Garcia, F., Romera, D. M., Gozi, K. S., Onaka, E. M., Fonseca, F. S., Schalch, S. H., & Portella, M. C. (2013). Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. **Aquaculture**, 410, 51-56.
- Ghina, A. R., Kholila, A., Erpita, L., & Fevria, R. (2022). Pemanfaatan Limbah Sayuran Sebagai Pembuatan Pupuk Ecoenzyme. In **Prosiding Seminar Nasional Biologi** (Vol. 2, No. 2, pp. 381-387).
- Goncalves-de-Freitas, E., Bolognesi, M. C., Gauy, A. C. D. S., Brandão, M. L., Giaquinto, P. C., & Fernandes-Castilho, M. (2019). Social behavior and welfare in Nile tilapia. **Fishes**, 4(2), 23.
- Gopalakrishnan, A. (2014). **Methodologies for Studying Finfish and Shellfish Biology**. Central Marine Fisheries Research Institute.
- Hadijah, S., Jayadi, J., Usman, H., & Nurkhaliza, I. (2019). Efektifitas Pakan Dari Bungkil Kelapa Sawit Terhadap Sintasan Dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Journal Of Indonesian Tropical Fisheries**, 2(1), 32–42.
- Harifuzzumar, Arkan, F., & Ghiri Basuki Putra. (2018). Perancangan Dan Implementasi Alat Pemberian Pakan Ikan Lele Otomatis Pada Fase Pendederan. In **Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat**, 68–71.
- Hastari, A. A., & Mahdi, C. (2014). Penentuan Waktu Fermentasi Optimum Produksi Xilanase Dari *Trichoderma viride* Menggunakan Substrat Kulit Pisang Dan Kulit Melon Dengan Fermentasi Semi Padat. **Kimia Student Journal**, 1(1), 119–125.
- Hendri, J., Asri, A., & Sudesri, R. (2023). Pengaruh Pemberian Bungkil Sawit yang Difermentasi dengan EM-4 dalam Ransum Ayam KUB Periode Starter terhadap Konsumsi Protein, Pertambahan Bobot badan dan Rasio Efisiensi Protein. **Jurnal Ilmiah Barih Solok**, 8(1), 34-40.
- Iskandar, R., & Elrifadah. (2015). Pertumbuhan Dan Efisiensi Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Yang Diberi Pakan Buatan Berbasis Kiambang. **Ziraa'ah**, 40(1), 18–24.

- Islam, F., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Asghar, A., Shahid, S. & Aslam, M. A. (2023). Nutritional, functional, and ethno-medical properties of sweet corn cob: a concurrent review. **International Journal of Food Science & Technology**, 58(5), 2181-2188.
- Islami, A. N., Zahida., & Anna, Z. (2017). Pengaruh Perbedaan Siphonisasi dan Aerasi Terhadap Kualitas Air, Pertumbuhan, dan Kelangsungan Hidup Pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Stadia Benih. **Jurnal Perikanan dan kelautan**, 8(1), 73-82
- Istiqomah, Annisa, D., Suminto, & Harwanto, D. (2018). Efek Pergantian Air Dengan Persentase Berbeda Terhadap Kelulushidupan, Efisiensi Pemanfaatan Pakandan Pertumbuhan Benih Monosex Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Journal Of Aquaculture Management and Technology**, 7(1).
- Junicef, V. C. (2013). Uji Perbedaan Sumber Penyinaran Terhadap Perubahan Warna Dan Pertumbuhan Ikan Mas Koki (*Carrasius auratus*). **Fisheries**, 2(1), 26–30.
- Karimah, U. (2018). Growth Performance and Survival Rate Tilapia Gift (*Oreochromis niloticus*) Given Amount Different Feeding. **Journal of Aquaculture, Management and Technology**, 7(2008), 128–135.
- Khasanah, H., Purnamasari, L., & De, K. (2019). Pemanfaatan MOL (Mikroorganisme Lokal) sebagai Substitusi Biostarter EM4 untuk Meningkatkan Kualitas Nutrisi Pakan Fermentasi Berbasis Tongkol dan Tumpi Jagung. **Pros. Semnas. TPV**, 345–352.
- Klahan, R., Yotha, P., & Punyathong, M. (2016). Utilization of Corncob as Feedstuff on Growth Performance, Feed Utilization and Carcass Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **International Journal of Environmental and Rural Development**, 7(2), 75-80.
- Kosai, P., Sathavorasmith, P., Jiraungkoorskul, K., & Jiraungkoorskul, W. (2014). Morphometric characters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand. **Walailak Journal of Science and Technology (WJST)**, 11(10), 857-863.
- Kuebutornye, F. K., Abarike, E. D., Lu, Y., Hlordzi, V., Sakyi, M. E., Afriyie, G., & Xie, C. X. (2020). Mechanisms and the role of probiotic Bacillus in mitigating fish pathogens in aquaculture. **Fish physiology and biochemistry**, 46, 819-841.
- Kwak, S. H., Kim, H., Jeon, J. H., Pal, K., Kang, D. H., & Kim, D. (2023). Phytochemical and functional characterization of fermented Yerba mate using *Rhizopus oligosporus*. **AMB Express**, 13(1), 94.
- Lee, E. H., Jeong, H. M., Kim, E. A., Lee, Y. R., & Shim, J. H. (2023). Development of Fermented Rice Water to Improve the Quality of Garaetteok, a Traditional Korean Rice Cake. **Foods**, 12(3). <https://doi.org/10.3390/foods12030642>
- Leiskayanti, Y., Sriherwanto, C., & Suja'i, I. (2017). Fermentasi Menggunakan Ragi Tempe Sebagai Cara Biologis Pengapungan Pakan Ikan. **Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)**, 4(2), 1. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v4i2.2503>
- Leko, A., Lawalata, V. N., & Nendissa, S. J. (2018). Kajian Penambahan Konsentrasi Susu Skim Terhadap Mutu Minuman Yogurt dari Limbah Air Cucian Beras Lokal. **Jurnal Teknologi Pertanian**, 7(2), 49–55. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2018.7.2.49>
- Lukman, Mulyana, & Mumpuni, F.S. (2014). Efektivitas pemberian akar tuba (*Derris elliptica*) terhadap lama waktu kematian ikan nila (*Oreochromis niloticus*). **Jurnal Pertanian**, 5(1), 22-31.

- Maulana, F., Sudrajat, A.O, Permana, A., Mulyani, L., & Arfah, H. (2023). Nisbah kelamin jantan ikan nila merah *Oreochromis* sp. yang direndam santan kelapa pada stadia larva dengan konsentrasi berbeda. **Jurnal Akuakultur Indonesia**, 22 (2), 187 - 199
- Millamena, O. M., Coloso, R. M., & Piedad-Pascual, F. (2002). **Nutrition in tropical aquaculture: essentials of fish nutrition feeds and feeding of tropical aquatic species**. Aquaculture Dept. Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Miranda, C., Contente, D., Igrejas, G., Câmara, S. P. A., Dapkevicius, M. de L. E., & Poeta, P. (2021). Role of exposure to lactic acid bacteria from foods of animal origin in human health. **Foods**, 10(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods10092092>
- Morina, G., Zainuddin, & Masyitha, D. (2017). Struktur Histologi Empedu Dan Pankreas Ikan Lele Lokal (*Claria bathracus*). **Jimvet**, 2(1), 30–34.
- Muliani, M., Khalil, M., Murniati, M., Rusydi, R., & Ezraneti, R. (2019). Analisis kandungan gizi pakan pellet yang diformulasikan dari bahan baku nabati berbeda terhadap kecukupan gizi ikan herbivora. **Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal**, 6(2), 86.
- Mulqan, M., El Rahimi, A., & Dewiyanti, I. (2017). The Growth and Survival rates of Tilapia Juvenile (*Oreochromis niloticus*) in Aquaponics Systems with Different Plants Species. **Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah**, 2(1), 183–193.
- Munisa, Q., Subandiyono, & Pinandoyo. (2015). Pengaruh kandungan lemak dan energi yang berbeda dalam pakan terhadap pemanfaatan pakan dan pertumbuhan patin (*Pangasius pangasius*). **Journal of Aquaculture Management and Technology**, 4(3), 12-21.
- Mustikarini, N., Ikaromah, A., Supriyadi, A., Nugraha, T. A., & Ma'ruf, N. A. (2022). Pengaruh Variasi Komposisi Dekomposer EM4 Dan Molase pada Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Budidaya Lele. **Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)**, 4(1), 47–52. <https://doi.org/10.35970/jtpl.v4i1.1100>
- Mutia, A. & Razak, A. (2018). Effect of Giving Fermented Liquid Areca Cathecu L. and Surian Leaves (*Toona sinensis* ROXB.) On Tilapia Wounds (*Oreochromis niloticus* L.). **Serambi Biologi**, 3.
- Nasution, F. H., Yunilas, Y., & Wahyuni, T. H. (2019). Sinergisme Fungi Selulolitik Berbasis Limbah Jagung Sebagai Bioaktivator Pakan Berserat. **Journal of Livestock and Animal Health**, 2(2), 25–33. <https://doi.org/10.32530/jlah.v2i2.50>
- Nikhilani, A., Pagoray, H., & Sulityawati. (2022). Bungkil Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Alternatif Pakan Buatan Untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). **Journal of Fisheries and Marine Research**, 6(2).
- Novrianto, A., Yulfiperius, Y., Andriyeni, A., Nurhabib, A., & Supriyono, S. (2019). Pengaruh Pemberian Komposisi Pakan Tepung Tongkol Jagung Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Ikan Tawes (*Puntius javanicus*). **Jurnal Agroqua**. 17(1), 41.
- Nuraini, & Trisna, A. (2006). Respons Broiler terhadap Ransum yang Mengandung Bungkil Inti Sawit Fermentasi dengan *Penicillium* sp. **Jurnal Agribisnis Peternakan**, 2(2),45.
- Nurfitasari, I., Febriana Palupi, I., Sari, C. O., Munawaroh, S., Yuniarti, N. N., & Ujilestari, T. (2020). Digestibility Response of Tilapia to Various Types of Feed. **Nectar: Jurnal Pendidikan Biologi**, 1(2), 2745–4452.
- Nurulaisyah, A., Setyowati, D. N., & Astriana, B. H. (2021). Potensi Pemanfaatan Daun Singkong (*Manihot utilissima*) Terfermentasi Sebagai Bahan Pakan Untuk

- Meningkatkan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). **Jurnal Perikanan Unram**, *11*(1), 13–25.
- Oktaviani, D. P. O. P., Muwakhidah, U. J., Fadlilah, S., Damaiyanti, E., Fatimatuzzahroh, F., & Agustin, S. N. (2021). Evaluasi Penambahan Probiotik Bakteri Asam Laktat Pada Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*). **Manfish Journal**, *2*(01), 44–49.
- Okuthe, G. E., & Bhomela, B. (2020). **Morphology, histology and histochemistry of the digestive tract of the Banded tilapia, *Tilapia sparrmanii* (Perciformes : Cichlidae)**. *4689*, 1–14.
- Pangastuti, A., Alfisah, R. K., Istiana, N. I., Sari, S. L. A., Setyaningsih, R., Susilowati, A., & Purwoko, T. (2019). Metagenomic analysis of microbial community in over-fermented tempeh. **Biodiversitas**, *20*(4), 1106–1114.
- Paramadini, S. A., Sriherwanto, C., Nurlaila, Suja'i, I., & Annisa, M. A. (2019). Pengaruh Teknik Pengapungan Hayati Melalui Fermentasi *Rhizopus* sp. Terhadap Kandungan Nutrisi Pakan Ikan Apung. **Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia**, *6*(1), 106.
- Pasaribu, R. H., Eddiwan, & Putra, R. M. (2020). Identifikasi Jenis Ikan di Perairan Sungai Umban Sari Kecamatan Rumbai Provinsi Riau. **Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan Akuatik**, *1*(2), 131–142.
- Pasaribu, T. (2018). Upaya meningkatkan kualitas bungkil inti sawit melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim untuk unggas. **Wartazoa**, *28*(3), 119-128.
- Pradana, T. G., Putra, A., Kurniawan, M. A., & Wicaksono, A. (2022). Penyusunan Media Poster Dalam Pembelajaran Biologi: Mikroorganisme Lokal (Mol) Pada Tanaman Jagung Sebagai Bioaktivator Pakan Ternak. **Bioilmi: Jurnal Pendidikan**, *8*(2), 91–100. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v8i2.13654>
- Purba, L. H. P. S., Crisdiati, W. H. S., & Putri, F. E. K. (2022). Eco-Enzyme Supplementation in the Fish Commercial Feed on Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences**, *9*(5), 60–64.
- Putnarubun, C., Ngamelubun, M., Ngabalin, D., & Metungun, J. (2023). Proximate Local Food Waste In Alternative Fish Feed Production In Southeast Maluku. **Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia**. *11*(1): 18-23
- Putra, A. N., Hidayat, S. F., Syamsunarno, M. B., Hermawan, D., Excellence, I., Raya, J., & Km, J. (2020). Evaluasi Fermentasi Tepung Bungkil Kelapa Sawit dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Jurnal Perikanan Dan Kelautan Volume**, *10*(1), 20–29.
- Putri, A. A., & Saptarini, N. M. (2020). Review: Pengaruh Varietas Tumbuhan Nanas Terhadap Aktivitas Protease Bromelin dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). **Farmaka**, *18*(1), 1–15.
- Ramlah, Eddy, S., Hasyim, Z., & Hasan Munis Said. (2016). Perbandingan Kandungan Gizi Ikan Nila *Oreochromis niloticus* Asal Danau Mawang Kabupaten Gowa dan Danau Universitas Hassanuddin Kota Makassar. **Jurnal Biologi Makassar (Bioma)**, *1*(1), 39–46.

- Rarrasari, M. A., Dwinanti, S. H., Absharina, F. D., & Gevira, Z. (2021). Aplikasi Bioflok Dan Pemanfaatan Probiotik EM4 Dalam Pakan Pembesaran Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*). **Journal of Fisheries and Marine Research**, 5(2).
- Ringø, E., Van Doan, H., Lee, S. H., Soltani, M., Hoseinifar, S. H., Harikrishnan, R., & Song, S. K. (2020). Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. **Journal of Applied Microbiology**, 129(1), 116–136.
- Rizky, P. N., Aisy, W. R., & Primasari, K. (2022). Budidaya ikan nila jatimbulan (*Oreochromis* sp) dengan sistem semi intensif. **Jurnal Penelitian Chanos Chanos**, 20(2), 69-76.
- Rostini, T., Jaelani, A., & Ali, M. (2022). Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik, kandungan protein dan serat kasar tongkol jagung. **Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian**, 47(2), 257-266.
- Rusmiyati, Suminto, & Pinandoyo. (2017). The Effects of Palm Kertel Meal Artificial Feed on Diet Utilization Efficiency and growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Aquaculture Management and Technology**, 6(4), 182–191.
- Salamah, Hatta, M., & Rusydi, R. (2023). Pemanfaatan Bahan Baku Limbah Untuk Pembuatan Pakan Ikan Mandiri di SMK Negeri 6 Lhokseumawe. **Jurnal Solusi Masyarakat Dikara**, 3(1), 1–6.
- Saputro, E. B., Adriana, M., & Persada, A. A. B. (2021). Rancang bangun alat pencetak pelet apung pakan ternak di desa bluru kabupaten tanah laut. **Elemen : Jurnal Teknik Mesin**, 8(1), 22–29.
- Saputry, A. M., & Latuconsina, H. (2022). Evaluasi Pembenihan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Instalasi Perikanan Budidaya, Kepanjen - Kabupaten Malang. **JUSTE (Journal of Science and Technology)**, 3(1), 80–89.
- Sartika, D., Nurliah, & Setyono, B. D. H. (2022). Pengaruh Bakteri Probiotik (*Lactobacillus plantarum*) Pada Pakan Untuk Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Fish Nutrition**, 2(1), 49–61.
- Sayuti, M., Supriatna, I., Setia Abadi, A., B. Hismayasari, I., Ernawati, E., & Saidin, S. (2021). Pelatihan produksi pakan buatan skala rumah tangga untuk pembudidaya ikan di kota Sorong, Papua Barat. **Yumary: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat**, 1(3), 117–126.
- Setyawan, A. A., Sukanto, & Widyastuti, E. (2014). Populasi Bakteri Asam Laktat Pada Budidaya Ikan Nila. **Scripta Biologica**, 1(1), 91–95.
- Siegers, W. H., Prayitno, Y., & Sari, A. (2019). Pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan nila nirwana (*Oreochromis* sp.) pada tambak payau. **The Journal of Fisheries Development**, 3(2), 95-104.
- Simanjuntak, R. F., & Ridwansyah. (2020). Membangun keterampilan mahasiswa perbatasan kaltara melalui teknologi dan manajemen pembuatan pakan ikan pada masa pandemi dan pasca covid-19. **Jpmb (Jurnal Pengabdian Masyarakat Borneo)**, 4(2), 143–150.
- Simanullang, A. F., Sijabat, A., & Hasanah, M. (2021). Karakterisasi Sifat Fisis Papan Partikel Limbah Tongkol Jagung dengan Resin Epoxy Isosianat. **Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika**, 5(1), 82–87.

- Sine, Y., & Soetarto, E. S. (2018). Isolasi dan identifikasi kapang *Rhizopus* pada tempe gude (*Cajanus cajan* L.). **Savana Cendana**, 3(04), 67–68.
- Sitepu, R., Wahyu Timur, S. Y., & Rollando, R. (2021). Identifikasi Genetik *Lactobacillus* Dalam Fermentasi Air Cucian Beras Dengan PCR (Polymerase Chain Reaction). **Media Farmasi: Jurnal Ilmu Farmasi**, 18(2), 133.
- Soltan, N. M., Soaudy, M. R., Abdella, M. M., & Hassaan, M. S. (2023). Partial dietary fishmeal replacement with mixture of plant protein sources supplemented with exogenous enzymes modify growth performance, digestibility, intestinal morphology, haemato-biochemical and immune responses for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Animal Feed Science and Technology**, 299, 115642.
- Sopha, S., Santoso, L., & Putri, B. (2015). Pengaruh Substitusi Parsial Tepung Ikan Dengan Tepung Tulang Terhadap Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus*). **e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan**, 3(2), 403-410.
- Sosiati, H., Wahyono, T., Azhar, A. R., & Fatwaeni, Y. N. (2021). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung untuk Makanan Ternak Bernutrisi. **Community Empowerment**, 6(4), 656–661.
- Sucipto, A. (2020). **Teknologi Bioflok dalam Budidaya Ikan Nila**. PT AgroMedia Pustaka.
- Supebrianto, & Handoko, Y. A. (2023). Menentukan Jenis Kulit Buah Terbaik Untuk Menghasilkan Produk Eco-enzyme. In **Akselerasi Hasil Penelitian Dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria Untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan**, 7(1), 1273–1281.
- Sutrisno, E., Zaman, B., Wardhana, I. W., Simbolon, L., & Emeline, R. (2020). Is Bio-activator from Vegetables Waste are Applicable in Composting System? **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 448(1).
- Suwasono, S., Jayus, J., Rosyady, M. G., & Erawantini, F. (2022). Produksi Pakan Ternak Dari Limbah Tongkol Jagung Guna Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Curahnongko–Jember Jawa Timur. **J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat**, 7(3), 409–414.
- Suyono, N. A., Rifki, & Kaukab, M. E. (2022). Pengaruh Harga Jual, Luas Lahan dan Biaya Produksi Terhadap Pendapatan Usaha Budidaya Ikan Konsumsi Air Tawar. **Jepemas: Jurnal Pengabdian Masyarakat** 1(2), 18–27.
- Swarto, M. D. H., Haeruddin, H., & Rudiyananti, S. (2018). Hubungan panjang dan berat ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dalam media pembesaran dengan penambahan enzim ez-plus. **Management of Aquatic Resources Journal**, 7(1), 150-156.
- Syuhriatin. (2020). Analisis Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Terhadap Pemberian Pakan yang Berbeda (Study Kasus: Desa Sigerongan Kecamatan Lingsar, Kabupaten Lombok Barat). **Jurnal Binawakya**, 14(6), 2745–2748.
- Tahir, S. H. M., Damayanti, A. A., & Lestari, D. P. (2021). Pengaruh Kombinasi Pakan Komersial Dengan Daun Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). **Jurnal Perikanan Tropis**, 8(1), 45-55.
- Tell, Y., Abell, E., Mali, A. D. C., & Maure, M. S. (2023). Formulasi Pakan Ikan Mandiri Berbahan Baku Lokal Ramah Lingkungan. **Jurnal Inovasi Penelitian**, 3(0).
- Trewavas, E. (1983). **Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis*, and *Danakilia***. British Museum (Natural History), <https://doi.org/10.5962/bhl.title.123198>

- Vama, L., & Cherekar, M. N. (2022). Production, Extraction Uses of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth from Waste. **Biotech. Env. Sc**, 22(2), 346–351.
- Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. **Frontiers in Microbiology**, 10(February), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
- Viza, R. Y. (2022). Uji Organoleptik Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah. **BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains**, 5(1), 24–30.
- Wahyu, F., & Manggalou, S. (2023). Inovasi Eco - Enzyme dalam Mendukung Pemerintah Menuju Net Zero Emission di Indonesia. **Jurnal Administrasi Publik**, 8(1), 50–60.
- Wahyuningsih, S., Gitarama, A. M., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. **Jurnal Ilmiah Indonesia**, 5(2), 112-125.
- Wicaksono, A. S. (2023). **Bakteri Selulolitik, Lipolitik, dan Proteolitik dari Bioaktivator Untuk Pakan Ikan**. Skripsi (Tidak Dipublikasikan). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Xu, Z., Cao, J., Qin, X., Qiu, W., Mei, J., & Xie, J. (2021). Toxic effects on bioaccumulation, hematological parameters, oxidative stress, immune responses and tissue structure in fish exposed to ammonia nitrogen: a review. **Animals**, 11(11), 3304.
- Yulfiperius, Y., Firman, F., & Darwisito, S. (2018). Pemanfaatan tongkol jagung sebagai pengganti dedak dalam formulasi pakan ikan ramah lingkungan. **Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan**, 140–148.
- Yunaidi, Y., Rahmanta, A. P., & Wibowo, A. (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.
- Zaenuri, R., Suharto, B., & Haji, A. T. S. (2014). The Quality of Fodder Fish Pellets from Agriculture Wastes. **Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan**, 1(1), 31–36.
- Zahrotunnisa, T. Q., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2022). Konversi Limbah Baglog Sebagai Kompos. **Jurnal Sains Dan Seni ITS**, 11(5), E14–E19.
- Zaman, A. B., Sriherwanto, C., Yunita, E., & Suja'i, I. (2018). Karakteristik Fisik Pakan Ikan Apung Non-Ekstrusi Yang Dibuat Melalui Fermentasi *Rhizopus oryzae*. **Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia**, 5(1), 27.
- Zhang, Y., Lu, R., Qin, C., & Nie, G. (2020). Precision nutritional regulation and aquaculture. **Aquaculture reports**, 18, 100496.
- Zou, Y., Fu, J., Chen, Z., & Ren, L. (2021). Field decomposition of corn cob in seasonally frozen soil and its intrinsic influencing factors: The case of northeast China. **Agriculture (Switzerland)**, 11(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060556>
- Zubaidah, A., Samsundari, S., & Insan, Y. A. (2020). Pertumbuhan dan kelulusan hidup benih ikan manfish (*Pteropzhyllum scalare*) yang dibudidayakan dengan kepadatan yang berbeda menggunakan sistem resirkulasi. **Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal**, 7(1), 40-45.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Formulasi Pakan Ikan dengan metode *Pearson's Square*

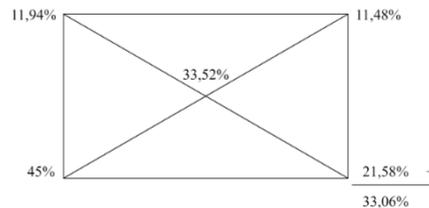
Protein yang dikehendaki dalam pembuatan pakan ini yaitu 30% sesuai SNI 7242:2018. Kandungan protein bahan baku ditentukan sesuai Tabel 1. Selain itu, bahan tambahan yang ditambahkan yaitu CMC 1,5%, tepung tapioka 3,5%, vitamin mix 0,5% dan mineral 5% (Yulfiperius et al., 2018). Adapun penambahan tersebut sebanyak 10,5% mengurangi jumlah bahan utama dari 100% menjadi 89,5%. Maka, target kadar protein yang diinginkan harus diubah agar komposisi bahan pakan memenuhi kebutuhan kadar protein yang diinginkan. Kadar protein yang dibutuhkan menjadi  $\frac{30\% \times 100\%}{89,5\%} = 33,52\%$ .

**Tabel 1** Kandungan Protein Bahan Baku

Jenis Bahan Baku		Protein (%)	Referensi
Protein Basal	Tongkol Jagung	11,3	(Novrianto et al., 2019)
	Bungkil Kelapa Sawit	18,6	(Nuraini & Trisna, 2006)
	Dedak Padi	12,5	(Novrianto et al., 2019)
Protein Suplemen	Tepung Ikan	45,0	(*)

**Keterangan:** \*Informasi kandungan protein tepung ikan diperoleh dari Toko Munzah Jaya di Kabupaten Sidoarjo.

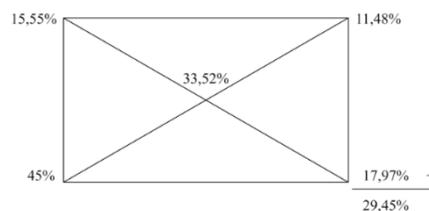
#### A. Pakan ikan dari limbah tongkol jagung (P1)



**Gambar 1.** Perhitungan Pearson's Square pada komposisi pakan P1

- Protein Basal (PB) =  $\frac{11,48\%}{33,06\%} \times 89,5\% = 31,08\%$   
 Komposisi pada tiap bahan protein basal pada P1 (limbah tongkol jagung dan dedak) =  $\frac{31,08\%}{2} = 15,54\%$
- Protein Suplemen (PS) terdiri dari tepung ikan =  $\frac{21,58\%}{33,06\%} \times 89,5\% = 58,42\%$

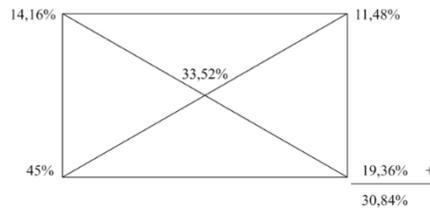
#### B. Pakan ikan dari limbah bungkil kelapa sawit (P2)



**Gambar 2.** Perhitungan Pearson's Square pada komposisi pakan P2

- Protein Basal (PB) =  $\frac{11,48\%}{29,45\%} \times 89,5\% = 34,89\%$   
Komposisi pada tiap bahan protein basal pada P2 (limbah bungkil kelapa sawit dan dedak) =  $\frac{34,89\%}{2} = 17,44\%$
- Protein Suplemen (PS) terdiri dari tepung ikan =  $\frac{17,97\%}{29,45\%} \times 89,5\% = 54,61\%$

### C. Pakan ikan dari limbah tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit (P3)



**Gambar 3.** Perhitungan Pearson's Square pada komposisi pakan P3

- Protein Basal (PB) =  $\frac{11,48\%}{30,84\%} \times 89,5\% = 33,32\%$   
Komposisi pada tiap bahan protein basal pada P3 (limbah tongkol jagung, bungkil kelapa sawit, dan dedak) =  $\frac{33,32\%}{2} = 11,11\%$
- Protein Suplemen (PS) terdiri dari tepung ikan =  $\frac{19,36\%}{30,84\%} \times 89,5\% = 56,18\%$

## Lampiran 2. Metode analisis proksimat pakan

### 1. Pengukuran Kadar Air dengan Metode SNI 01-2354.2-2006

Pertama, oven dikondisikan pada suhu 95 – 100°C hingga mencapai kondisi stabil. Selanjutnya, cawan kosong dimasukkan ke dalam oven selama minimal 2 jam. Cawan kosong kemudian dipindahkan ke dalam desikator sekitar 30 menit hingga mencapai suhu ruang dan bobot kosong ditimbang (A gram). Sebanyak 2 gram sampel pakan yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam cawan (B gram). Cawan yang telah diisi dengan sampel dimasukkan ke dalam oven vakum pada suhu 100°C, dengan tekanan udara tidak lebih dari 100 mmHg selama 16-24 jam. Cawan dipindahkan dengan menggunakan alat penjepit ke dalam desikator selama ±30 menit lalu ditimbang (C gram). Pengujian dilakukan hingga dua kali pengulangan. Kemudian, kadar air dihitung menurut metode Badan Standardisasi Nasional (2006) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Keterangan :

A: Berat cawan kosong (gram)

B: Berat cawan + sampel pelet awal (gram)

C: Berat cawan + sampel pelet kering (gram)

### 2. Pengukuran Kadar Abu dengan Metode SNI 01-2354.1-2006

Pertama, cawan abu porselen kosong dimasukkan ke dalam tungku pengabuan. Suhu tungku dinaikkan bertahap hingga mencapai suhu 550°C. Suhu dipertahankan pada suhu 550°C ± 5°C selama semalam. Selanjutnya, suhu pengabuan diturunkan menjadi 40°C dan cawan abu porselen dikeluarkan, lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Berat cawan abu porselen kosong kemudian ditimbang (A gram). Sampel yang telah dihaluskan kemudian ditimbang sebanyak 2 gram, lalu dimasukkan pada cawan abu porselen. Selanjutnya, cawan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Cawan abu porselen lalu dipindahkan ke tungku pengabuan dan suhunya dinaikkan secara bertahap hingga mencapai 550°C ± 5°C, dipertahankan selama 8 jam/semalam hingga diperoleh abu berwarna putih. Setelah selesai, tungku pengabuan diturunkan suhunya menjadi sekitar 40°C. Cawan porselen dikeluarkan menggunakan penjepit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit. Bila abu belum benar-benar putih maka dilakukan pengabuan kembali. Abu putih kemudian dibasahi/dilembabkan dengan *aquades* secara perlahan, kemudian dikeringkan pada *hot plate* dan diabukan kembali pada suhu 550°C hingga berat konstan. Suhu pengabuan diturunkan menjadi ± 40°C, lalu cawan abu porselen dipindahkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang beratnya (B gram) segera setelah dingin. Kadar abu dihitung menurut metode Badan Standardisasi Nasional (2006) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{B - A}{\text{Berat Sampel (gram)}} \times 100\%$$

Keterangan:

A: Berat cawan porselin (gram)

B: Berat cawan dengan abu (gram)

### 3. Pengukuran Kadar Protein dengan Metode SNI 01.2354.4-2006

Perhitungan kadar protein dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan metode semimikro kjeldahl. Pertama, sampel dilumatkan hingga homogen dan dimasukkan ke dalam wadah plastik atau gelas yang bersih dan tertutup. Sebanyak 2 gram sampel kemudian ditimbang pada kertas timbang. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam labu destruksi. Dua buah tablet katalis dan beberapa butir batu didih ditambahkan ke dalam labu. Selanjutnya, ditambahkan 15 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (95-97%) dan 3 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> secara perlahan, lalu didiamkan selama 10 menit dalam ruang asam. Setelah itu, didestruksi pada suhu 410 °C selama ±2 jam atau sampai larutan jernih. Labu didiamkan hingga mencapai suhu kamar dan ditambahkan *aquades* sebanyak 50-75 ml. Erlenmeyer yang berisi 25 ml larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4% yang mengandung indikator dipersiapkan sebagai penampung destilat. Selanjutnya, labu yang berisi hasil destruksi dipasang pada rangkaian alat destilasi uap, dan ditambahkan larutan natrium hidroksida-thiosulfat sebanyak 50-75 ml, lalu didestilasi. Hasil berupa destilat ditampung dalam erlenmeyer tersebut hingga volume mencapai minimal 150 ml dan diamati perubahan warna menjadi kuning. Terakhir, hasil destilat dititrasi dengan HCl 0,2 N yang sudah dibakukan sampai warna berubah dari hijau menjadi abu-abu netral (*natural gray*). Pengujian dilakukan hingga dua kali pengulangan. Kadar protein akan dihitung menurut metode Badan Standardisasi Nasional (2006) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Protein} = \frac{(V_A - V_B) \text{ HCl} \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times 6,25 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Keterangan

V<sub>A</sub> : mL HCl untuk titrasi sampel

V<sub>B</sub> : mL HCl untuk titrasi blanko

N : Normalitas HCl standar yang digunakan

14,007 : Berat atom Nitrogen

6,25 : Faktor konversi protein untuk ikan

W : Berat sampel (gram)

### 4. Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode SNI 01-2354.3-2006

Labu alas bulat kosong ditimbang untuk diketahui beratnya (A gram). Kemudian, sampel dihaluskan dan ditimbang seberat 2 gram (B gram), lalu dimasukkan ke dalam selongsong lemak. Selanjutnya, 150 ml chloroform dimasukkan ke dalam labu alas bulat. Selongsong lemak dimasukkan ke dalam ekstraktor soxhlet, dan rangkaian soxhlet dipasang secara berurutan. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 60°C selama 8 jam. Campuran lemak dan kloroform dalam labu alas bulat diuapkan hingga kering. Labu alas bulat yang berisi lemak kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama ± 2 jam untuk menghilangkan sisa kloroform dan uap air. Setelah itu, labu dan lemak didinginkan di dalam desikator selama 30 menit. Berat labu alas bulat yang berisi lemak ditimbang sampai berat konstan (C gram). Pengujian dilakukan hingga dua kali pengulangan. Kadar lemak dihitung menurut metode Badan Standardisasi Nasional (2006) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Lemak} = \frac{C-A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A: Berat labu alas bulat kosong (gram)

B: Berat sampel (gram)

C: Berat labu alas bulat dan lemak hasil ekstraksi (gram)

### **5. Pengukuran Kadar Serat Kasar dengan Metode SNI 01-2891-1992**

Pengukuran kadar serat kasar dilakukan dengan cara sampel diekstraksi menggunakan asam dan basa untuk memisahkan serat kasar dari kandungan zat lain. Sampel ditimbang sebanyak 2 gram, kemudian lemaknya dilepaskan melalui ekstraksi dengan ekstraktor soxhlet. Selanjutnya, sampel dikeringkan dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml. Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25% ditambahkan sebanyak 50 ml ke dalam sampel dan dididihkan selama 30 menit dengan pendingin tegak. Kemudian, ditambahkan NaOH 3,25% sebanyak 50 ml dan dididihkan lagi selama 30 menit. Pada keadaan panas, campuran sampel disaring dengan corong Bucher yang berisi kertas saring Whatman (ukuran 54, 41, atau 541), yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya. Endapan yang terdapat pada kertas saring dicuci berturut-turut dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25% panas, air panas dan etanol 96%. Kertas saring beserta isinya diangkat, dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C. Kertas saring lalu didinginkan dan ditimbang sampai berat konstan. Apabila berat serat kasar lebih dari 1%, kertas saring diabukan beserta isinya, lalu ditimbang kembali sampai berat konstan. Kadar serat kasar dihitung menurut metode Badan Standardisasi Nasional (1992) sebagai berikut:

$$\% \text{ Serat Kasar} = \frac{w - w_1}{w_2} \times 100\%$$

Keterangan:

w = bobot sampel (gram)

w<sub>1</sub> = bobot kertas saring dan endapan sebelum diabukan (gram)

w<sub>2</sub> = bobot kertas saring dan endapan hasil pengabuan (gram)

### Lampiran 3. Data Pengamatan

a. Tabel Data pengamatan pertumbuhan panjang ikan Nila (*O. niloticus*) selama 35 hari

Perlakuan*	Ulangan	Panjang minggu ke- (cm)					
		0	1	2	3	4	5
P0	1	7,06	7,42	7,20	7,83	8,50	8,60
	2	6,48	6,60	6,74	7,17	8,70	9,00
	3	6,76	6,82	6,77	7,25	8,30	8,50
	4	7,08	7,38	7,55	8,20	8,25	8,55
P1	1	6,40	6,56	6,60	6,48	6,64	6,76
	2	6,48	6,86	6,88	6,85	7,10	7,10
	3	6,24	6,58	6,68	6,76	7,03	7,07
	4	6,24	6,68	6,64	6,68	6,78	6,97
P2	1	6,24	6,50	6,58	6,58	6,58	6,62
	2	6,52	6,46	6,72	6,80	6,84	6,96
	3	6,50	6,62	6,72	6,74	6,73	6,88
	4	6,56	6,76	6,62	6,82	6,84	6,98
P3	1	6,58	6,72	6,70	6,72	6,76	7,04
	2	6,98	6,70	6,84	6,90	6,98	7,00
	3	6,38	6,92	6,98	6,98	6,98	7,20
	4	6,40	6,78	6,90	6,95	6,70	7,00

**Keterangan:**

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

b. Tabel Data pengamatan pertumbuhan berat ikan Nila (*O. niloticus*) selama 35 hari

Perlakuan	Ulangan	Berat minggu ke- (gram)					
		0	1	2	3	4	5
P0	1	6,32	6,99	6,36	6,40	9,26	9,88
	2	4,62	4,85	4,99	5,47	9,02	10,75
	3	4,86	5,06	4,98	6,37	6,17	6,71
	4	6,58	6,97	7,34	7,88	9,25	10,17
P1	1	4,37	4,51	4,74	4,88	4,84	4,89
	2	5,27	5,25	5,46	5,45	5,78	6,02
	3	3,97	4,40	4,69	4,82	5,15	5,24
	4	4,47	4,56	4,54	4,57	4,58	5,22
P2	1	4,66	4,68	4,71	4,76	4,77	5,08
	2	4,58	4,80	4,88	4,90	5,06	5,35
	3	3,80	4,46	4,64	4,84	4,80	5,28
	4	4,44	4,81	4,90	5,10	5,24	5,39
P3	1	4,61	4,63	4,68	4,79	4,71	4,86
	2	5,12	4,92	5,06	5,18	5,15	5,24
	3	4,80	5,24	5,55	5,65	5,31	5,91
	4	4,49	4,93	5,27	5,35	5,36	5,65

**Keterangan:**

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

c. Tabel Data pengamatan kesintasan ikan Nila (*O. niloticus*) selama 35 hari

Perlakuan	Ulangan	Jumlah minggu ke- (ekor)					
		0	1	2	3	4	5
P0	1	5	5	4	3	1	1
	2	5	5	5	3	1	1
	3	5	5	3	2	1	1
	4	5	5	2	2	2	2
P1	1	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5
	3	5	5	5	5	5	5
	4	5	5	3	2	2	1
P2	1	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5
	3	5	5	5	5	4	4
	4	5	5	5	5	5	5
P3	1	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	4	1	1
	3	5	5	5	5	4	3
	4	5	5	5	5	5	3

**Keterangan:**

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

d. Tabel Data pengamatan suhu lingkungan budidaya selama pemeliharaan

Perlakuan	Rata-rata suhu minggu ke- (°C)					
	0	1	2	3	4	5
P0	24,05	25,35	25,05	25,00	25,30	25,85
P1	24,80	25,25	24,85	24,75	24,95	25,50
P2	23,93	25,50	25,30	25,00	25,35	26,00
P3	24,20	25,80	25,75	25,40	25,65	26,45

**Keterangan:**

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

e. Tabel Data pengamatan pH lingkungan budidaya selama pemeliharaan

Perlakuan	Rata-rata pH minggu ke-					
	0	1	2	3	4	5
P0	6,78	6,90	6,90	6,85	6,80	7,00
P1	6,93	7,00	7,20	7,15	7,25	7,10
P2	7,01	7,05	7,10	6,85	7,20	6,95
P3	7,16	7,20	7,40	7,40	7,65	7,00

**Keterangan:**

\* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

f. Tabel Data pengamatan Oksigen Terlarut lingkungan budidaya selama pemeliharaan

Perlakuan	Rata-rata oksigen terlarut / DO minggu ke- (mg/L)					
	0	1	2	3	4	5
<b>P0</b>	8,63	8,20	7,70	8,00	8,25	8,30
<b>P1</b>	8,68	6,90	6,75	8,55	6,40	8,20
<b>P2</b>	7,28	4,45	6,50	8,25	6,35	6,70
<b>P3</b>	8,75	6,50	8,30	8,30	8,25	6,90

**Keterangan:**

- \* P0: kontrol pakan komersial; P1: Pakan dengan tongkol jagung; P2: Pakan dengan bungkil kelapa sawit; P3: Pakan dengan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit

## Lampiran 4. Hasil Analisis Data

### a. analisis data pertumbuhan panjang

#### Tests of Normality

Variasi Bahan Pakan	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Panjang Mutlak P0	,314	4	.	,817	4	,137
P1	,220	4	.	,948	4	,703
P2	,298	4	.	,849	4	,224
P3	,232	4	.	,961	4	,783

#### ANOVA

Panjang Mutlak

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,279	3	1,760	18,129	<,001
Within Groups	1,165	12	,097		
Total	6,444	15			

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Panjang Mutlak

Dunnett t (2-sided)<sup>a</sup>

(I) Variasi Bahan Pakan	(J) Variasi Bahan Pakan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
P1	P0	-1.18250*	.22030	<,001	-1.7735	-.5915
P2	P0	-1.41250*	.22030	<,001	-2.0035	-.8215
P3	P0	-1.34250*	.22030	<,001	-1.9335	-.7515

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

### b. Analisis Data Pertumbuhan Berat

#### Tests of Normality

Variasi Bahan Pakan	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Berat Mutlak P0	,293	4	.	,930	4	,596
P1	,340	4	.	,879	4	,334
P2	,203	4	.	,984	4	,926
P3	,295	4	.	,802	4	,105

a. Lilliefors Significance Correction

#### ANOVA

Berat Mutlak

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26,854	3	8,951	9,640	,002
Within Groups	11,142	12	,929		
Total	37,997	15			

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Berat Mutlak  
Dunnnett t (2-sided)<sup>a</sup>

(I) Variasi Bahan Pakan	(J) Variasi Bahan Pakan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
P1	P0	-2.96000*	.68137	.003	-4.7880	-1.1320
P2	P0	-2.87500*	.68137	.003	-4.7030	-1.0470
P3	P0	-3.12000*	.68137	.002	-4.9480	-1.2920

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

a. Dunnnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

### c. Analisis Data Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS)

### Tests of Normality

Variasi Bahan Pakan	Statistic	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
SGR P0	,361		4	.	,832	4	,173
P1	,333		4	.	,828	4	,163
P2	,230		4	.	,964	4	,807
P3	,276		4	.	,838	4	,189

a. Lilliefors Significance Correction

### ANOVA

SGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	3	,000	6,202	,009
Within Groups	,000	12	,000		
Total	,001	15			

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: SGR  
Dunnnett t (2-sided)<sup>a</sup>

(I) Variasi Bahan Pakan	(J) Variasi Bahan Pakan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
P1	P0	-.0098000*	.0028644	.013	-.017485	-.002115
P2	P0	-.0092000*	.0028644	.019	-.016885	-.001515
P3	P0	-.0109500*	.0028644	.006	-.018635	-.003265

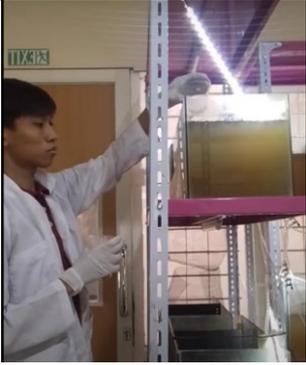
\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

a. Dunnnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

**Lampiran 4. Kegiatan penelitian**

No.	Kegiatan	Dokumentasi
1.	Pembuatan Bioaktivator Air Cucian Beras	
2.	Pembuatan Bioaktivator Tempe	
3.	Pembuatan Bioaktivator Limbah Buah & Sayuran	
4.	Pencampuran adonan pakan sesuai formulasi yang sudah ditentukan	
5.	Penambahan campuran bioaktivator ke dalam adonan pakan	

6.	Fermentasi pakan selama 48 jam	
7.	Pencetakan pakan menjadi pelet	
8.	Pengeringan pelet	
9.	Aklimatisasi ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	
10.	Pengukuran berat dan panjang ikan	 

11.	Pengukuran kualitas air media pemeliharaan	
12.	Penimbangan pakan sesuai kebutuhan ikan	
13.	Perlakuan pemberian variasi pakan	
14.	Penyiponan untuk menjaga kebersihan media pemeliharaan	

**Lampiran 5. Dokumentasi Kelompok pakan perlakuan**



**Gambar 1** Dokumentasi Kelompok pakan perlakuan. A. Pakan dengan penambahan tongkol jagung (P1), B. Pakan dengan penambahan bungkil kelapa sawit (P2), C. Pakan dengan penambahan tongkol jagung dan bungkil kelapa sawit (P3)

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Natanael Hari Wijaya dilahirkan di Surabaya, 2 Juli 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Riwayat pendidikan yang dimiliki penulis adalah SD Negeri Medokan Ayu II Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 16 Surabaya.

Pengalaman organisasi yang pernah diikuti penulis selama menempuh pendidikan di Biologi ITS adalah sebagai anggota divisi *Soft Skill Development* dari Student Chapter INDOCOR ITS pada Tahun 2021 – 2022, sebagai anggota *Community Development* dari Paguyuban KSE ITS pada Tahun 2021 – 2022, sebagai Staff Ahli Biological Opus Fair yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Biologi ITS pada Tahun 2022, dan sebagai Wakil Ketua Paguyuban KSE ITS periode 2022 – 2023. Adapun program pelatihan yang pernah diikuti penulis diantaranya adalah Pelatihan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Dasar (PKTI-TD) Tahun 2020, Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar (LKMM-Pra TD) BEM FSAD ITS Tahun 2020, Latihan Keterampilan Manajemen Wirausaha Tingkat Dasar (LKMW-TD) oleh Himpunan Mahasiswa Biologi ITS (HIMABITS) Tahun 2020, dan *Basic Media Schooling* (BMS) oleh HIMABITS Tahun 2020. Beberapa penghargaan dan prestasi yang pernah dicapai penulis diantaranya adalah sebagai penerima beasiswa Karya Salemba Empat Periode 2021-2022 dan 2022-2023, Pendanaan *Technology for Indonesia* Tahun 2022, dan Juara 3 *Open Bioproject Competition* Tahun 2022.