

## TENTANG PENULIS



Dr. Azrita, S.Pi., M.Si, lahir di Palembang 31 Juli 1975. Sebagai seorang akuakultoris dalam bidang Bioteknologi dan Genetika Ikan, dia menjadi dosen tetap Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bung Hatta. Disamping itu juga sebagai dosen di Fakultas

Perikanan dan Kelautan Universitas Bung Hatta. Pengelolaan budidaya perikanan dengan memanfaatkan bioteknologi juga menjadi objek penelitiannya. Dari hasil riset yang didanai Kementerian Riset dan Teknologi RI dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), dia sudah mempublikasikan karya ilmiahnya pada jurnal internasional bereputasi. Dari hasil-hasil risetnya dia menyumbangkan ilmu pengetahuannya dalam menyusun buku tentang Gurami Sago Gurami Sago (*Osphronemus goramy Lac*) Komoditi Unggulan Perikanan Air Tawar Untuk Pangan dan Ikan Hias..

ISBN 978-623-92434-6-3



Dr. Azrita, S.Pi., M.Si

# BIOTEKNOLOGI PAKAN BUATAN

Untuk Gurami Sago (*Osphronemus Goramy*)



LPPM Universitas Bung Hatta



**BIOTEKNOLOGI PAKAN BUATAN  
UNTUK GURAMI SAGO (Osphronemus goramy )**

**Penulis**

**Dr. AZRITA, S.Pi., M.Si**



**LPPM Universitas Bung Hatta**

Judul : **Bioteknologi pakan Buatan untuk Gurami Sago (Osphronemus goramy )**  
Penulis : **Azrita**

Sampul: Azrita  
Ilustrasi dan Tata Letak : Azrita  
Diterbitkan oleh LPPM Universitas Bung Hatta, Maret 2022

Alamat Penerbit:  
LPPM Universitas Bung Hatta  
Gedung Rektorat Lt. III  
Jl. Sumatera Ulak Karang Padang, Sumbar, Indonesia  
Telp. (0751) 7051678 Ext. 323, Fax. (0751) 7055475  
e-mail: [lppm\\_bunghatta@yahoo.co.id](mailto:lppm_bunghatta@yahoo.co.id)

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau  
seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis penerbit  
Isi di luar tanggung jawab percetakan  
Cetakan Pertama: Maret 2022

## KATA PENGANTAR

Buku Bioteknologi Pakan Buatan Untuk Gurami Sago ditujukan sebagai sumber informasi dan panduan praktis bagi mahasiswa Fakultas Perikanan serta petani ikan dalam mengembangkan pakan yang terjangkau dan berkualitas untuk meningkatkan pertumbuhan optimal ikan gurami sago. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menekan biaya produksi adalah dengan menggunakan sumber daya bahan baku nabati lokal yang murah dan tersedia seperti eceng gondok, apu-apu, keladi/sente, lontoro gung, dan kangkung air yang cenderung tidak memiliki nilai ekonomis dan seringkali dianggap sebagai limbah. Dengan memanfaatkan bahan-bahan tersebut, diharapkan buku ini dapat memberikan solusi bagi petani ikan untuk menghasilkan pakan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan dan LPPM Universitas Bung Hatta yang telah memfasilitasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi para pembaca yang tertarik dalam bidang bioteknologi akuakultur dan membantu dalam pengembangan budidaya ikan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Padang, Maret 2022

Penulis

Dr. Azrita, S.Pi., M.Si

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Daftar Gambar .....	iv
Daftar Tabel .....	v
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Bahan Baku Berbasis Sumber Daya Alam .....</b>	<b>2</b>
Kebutuhan Gizi Ikan .....	2
Peran dan Fungsi Nilai Gizi .....	3
Bahan Baku Pilihan .....	7
<b>3. BIOTEKNOLOGI SUMBER NABATI PAKAN BUATAN .....</b>	<b>9</b>
Apu apu .....	9
Kangkung air .....	10
Eceng gondok.....	11
Keladi .....	12
Lamtoro .....	13
<b>4. TEKNIS PEMBUATAN PAKAN FERMENTASI .....</b>	<b>14</b>
Proses Fermentasi .....	14
Proses Pembuatan Pakan .....	15
Membuat Probiotik Sendiri .....	19
Efisiensi Pakan dengan Penambahan Probiotik .....	24
<b>5. BIOTEKNOLOGI PEMANFAATAN RUMPUT AIR APU-APU SEBAGAI BAHAN PAKAN UNTUK PEMELIHARAAN BENIH IKAN GURAMI GALUR SAGO</b>	
Pendahuluan	
Metode pengujian tepung daun apu-apu	
Komposisi biokimia tepung daun apu-apu sebelum dan sesudah fermentasi	
Komposisi Karkas	
Kesimpulan	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Gurami sago, <i>Osphronemus goramy</i> Lac .....	2
Gambar 2. Berbagai sumber bahan baku nabati.....	8
Gambar 3. Proses pengeringan dan penepungan bahan baku nabati ..	18
Gambar 4. Hasil fermentasi bahan baku nabati .....	18
Gambar 5. Pakan buatan berbasis bahan baku nabati.....	19
Gambar 6. Bahan pembuatan probiotik .....	20
Gambar 7. Proses fermentasi .....	21
Gambar 8. Proses pencampuran pakan dengan probiotik .....	22
Gambar 9. Bagan alir proses pembuatan probiotik .....	23

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Analisis proksimat tepung daun apu-apu sebelum dan setelah fermentasi .....	10
Tabel 2. Analisis proksimat tepung daun kangkung sebelum dan setelah fermentasi .....	11
Tabel 3. Analisis proksimat tepung daun eceng gondok sebelum dan setelah fermentasi .....	12
Tabel 4. Analisis proksimat tepung daun keladi sebelum dan setelah fermentasi .....	13
Tabel 5. Analisis proksimat tepung daun lamtoro sebelum dan setelah fermentasi .....	14
Tabel 6. Kadar protein bahan baku .....	16
Tabel 7. Komposisi ransum dengan kadar protein pakan 25% ...	17
Tabel 8. Diet uji dan komposisi kimia proksimat bahan kering...	40
Tabel 9. Tepung daun apu-apu sebelum dan setelah fermentasi	41
Tabel 10. Nilai rata-rata dari parameter pertumbuhan ikan gurami	42
Tabel 11. Komposisi proksimat pakan yang disubsitusi dengan tepung daun apu-apu.....	43

## 1. PENDAHULUAN

Pakan memegang peranan yang sangat penting dalam pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Pentingnya ketersediaan pakan selama proses budidaya tidak dapat diragukan lagi, terutama untuk jenis ikan yang memerlukan waktu pemeliharaan lebih dari enam bulan, hal ini dapat menjadi kendala bagi para pembudidaya karena dapat meningkatkan biaya produksi. Oleh karena itu, dalam kegiatan budidaya diperlukan alternatif bahan pakan yang lebih murah sehingga dapat mengurangi biaya pakan yang dikeluarkan oleh pembudidaya ikan (Warasto, 2013).

Menurut hasil survei, pakan buatan yang beredar dipasaran saat ini memiliki harga yang relatif mahal. Pada tahun 2017 harga pakan buatan komersil berkisar Rp 8.000/kg dan pada tahun 2019 harga pakan buatan komersil dengan berbagai merk dagang rata-rata berkisar Rp 12.000/kg. Mahalnya harga pakan buatan tersebut disebabkan mahalnya tepung kedelai yang merupakan komoditas impor serta tepung ikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dicari bahan baku nabati alternatif baru yang berkualitas baik, murah, tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, dan mudah didapat. Pencarian teknologi meningkatkan kemampuan retensi nutrient dan sumber protein yang murah diperlukan untuk menjaga kesinambungan akuakultur.

Sebagai alternatif pengganti tepung kedelai dalam pakan ikan, tersedia beberapa opsi yaitu tepung daun apu-apu (*Pistia stratiotes* L) hasil fermentasi dengan kandungan protein sebesar 39,21%, tepung daun kangkung (*Ipomoea aquatica* forssk.) hasil fermentasi dengan kandungan protein sebesar 25,62%, tepung daun eceng gondok (*Eichornia crassipes*



solms) hasil fermentasi dengan kandungan protein sebesar 25,11%, serta tepung daun keladi (*Alocasia macrorrhiza*) hasil fermentasi dengan kandungan protein sebesar 9,60%. Semua alternatif tersebut dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam pakan ikan, tergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan dan kondisi lingkungan budidaya yang ada. Selain alternatif tepung yang disebutkan sebelumnya, ada juga beberapa bahan alternatif lainnya yang dapat digunakan dalam pakan ikan, seperti tepung daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) hasil fermentasi dengan kandungan protein 24,26%, tepung bonggol pisang (*Musa paradisiaca* L.) hasil fermentasi dengan kandungan protein 7,97%, serta tepung kulit ubi kayu (*Manihot esculenta*) hasil fermentasi dengan kandungan protein 16,83%. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kecocokan dan ketersediaan bahan alternatif tersebut dalam pakan ikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut diatas, penggunaan tepung dari tumbuhan yang berbeda (daun apu-apu, daun kangkung, daun eceng gondok, daun keladi dan lontoro gung) sebagai sumber protein pakan nabati dapat dijadikan sebagai salah satu langkah menuju pembentukan strain unggul ikan gurami sago (*Osphronemus goramy* Lac) sebagai komoditi unggulan Kabupaten Lima Puluh Kota , Sumatera Barat.



Gurami sago, *Osphronemus goramy* Lac  
(Sumber : Dokumentasi Azrita dan Syandri, 2018)

## 2. BAHAN BAKU BERBASIS SUMBER DAYA ALAM

### Kebutuhan Gizi Ikan

✚ Ikan dapat mencapai pertumbuhan optimal jika memperoleh asupan makanan yang cukup dan seimbang gizi. Zat gizi sangat penting bagi ikan karena diperlukan untuk menghasilkan tenaga, memperbaiki sel-sel yang rusak, serta memenuhi kebutuhan pertumbuhan. Beberapa jenis zat gizi yang sangat dibutuhkan oleh ikan di antaranya adalah protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral dan air. Asupan zat gizi yang cukup dan seimbang akan membantu menjaga kesehatan dan kinerja ikan, serta memaksimalkan hasil produksi budidaya ikan. Oleh karena itu, pemberian pakan yang mengandung zat gizi yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan ikan sangatlah penting dalam kegiatan budidaya ikan.

✚ Protein

✚ Lemak

✚ Karbohidrat

✚ Vitamin, mineral dan air.

Selain itu, zat gizi yang dibutuhkan oleh ikan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan. Beberapa jenis ikan memerlukan asupan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis ikan lainnya. Sebagai contoh, ikan air tawar seperti lele dan nila membutuhkan asupan protein yang lebih tinggi daripada ikan laut seperti bandeng dan kakap. Sementara itu, asupan vitamin dan mineral juga sangat penting untuk menjaga kesehatan dan sistem kekebalan tubuh ikan, serta

membantu meningkatkan kinerja dan produktivitas ikan. Oleh karena itu, pengetahuan tentang kebutuhan zat gizi yang tepat untuk jenis ikan yang dibudidayakan sangatlah penting untuk memastikan kondisi kesehatan dan pertumbuhan yang optimal.

Disamping itu juga, kualitas dan jenis pakan yang diberikan juga dapat mempengaruhi kandungan nutrisi pada ikan. Jika pakan yang diberikan kurang bervariasi atau tidak seimbang, maka kandungan nutrisi pada ikan juga dapat terganggu, sehingga dapat mengakibatkan kesehatan dan pertumbuhan ikan yang buruk. Karena itu, penting untuk memberikan pakan yang bervariasi dan sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan, baik itu pakan alami maupun pakan buatan. Selain itu, faktor lingkungan seperti kualitas air, suhu, pH, dan oksigen juga dapat mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan, sehingga perlu dijaga dan dikontrol dengan baik dalam kegiatan budidaya ikan.

Pemberian pakan yang tepat dan cukup juga dapat meningkatkan pertumbuhan ikan secara signifikan, sehingga akan mempercepat waktu panen dan mengoptimalkan hasil produksi perikanan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pakan yang sesuai dengan spesies ikan yang dibudidayakan dan memperhatikan kandungan nutrisinya sangat penting untuk menjamin keberhasilan budidaya ikan. Selain itu, pengaturan frekuensi dan jumlah pemberian pakan juga perlu diperhatikan agar ikan tetap sehat dan tidak terkena masalah kesehatan seperti obesitas atau stres. Selain itu faktor lingkungan juga turut berperan dalam mempengaruhi ketersediaan dan kualitas pakan yang tersedia di perairan tempat ikan dibudidayakan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan kondisi lingkungan sekitar kolam atau tambak, seperti kualitas air, keberadaan plankton atau organisme yang

menjadi sumber makanan alami ikan, serta faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas pakan yang diperlukan oleh ikan. Dengan memperhatikan semua faktor tersebut, diharapkan budidaya ikan dapat berjalan secara optimal dan menghasilkan produk perikanan yang berkualitas.

Pakan yang memiliki keseimbangan protein, lemak, dan serat untuk kebutuhan ikan tertentu akan memacu pertumbuhan ikan yang cepat besar, akan tetapi bila nutrisi yang dibutuhkan ikan kurang maka pertumbuhan ikan akan lambat berakibat pada biaya dan waktu panen yang cukup lama. Oleh karena itu, dalam pembudidayaan ikan, pemilihan jenis dan kualitas pakan yang tepat sangat penting untuk memastikan pertumbuhan ikan yang sehat dan optimal. Selain itu, pemberian pakan yang tepat juga dapat membantu mencegah terjadinya penyakit pada ikan. Dalam hal ini, pengetahuan tentang jenis pakan yang dibutuhkan oleh ikan serta cara pembuatannya menjadi sangat penting bagi para petani ikan. Dengan begitu, mereka dapat memilih dan membuat pakan yang tepat untuk jenis ikan yang mereka budidayakan sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan keuntungan dalam usaha budidaya ikan.

Kebutuhan nutrisi yang tepat bagi ikan menjadi sangat penting untuk memastikan kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang sehat. Sebagai tambahan, untuk mencapai hasil produksi ikan yang optimal, pemberian pakan dengan kualitas tinggi dan mencukupi nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan menjadi sangat diperlukan. Oleh karena itu, penting bagi para peternak ikan untuk memperhatikan kandungan nutrisi dalam pakan yang diberikan, serta memastikan bahwa setiap jenis ikan menerima jumlah nutrisi yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Dengan



memahami kebutuhan nutrisi ikan, para peternak dapat memperbaiki kualitas pakan yang disediakan dan meningkatkan hasil produksi secara efektif.

Selain itu, penting juga untuk memperhatikan aspek keamanan pakan ikan, yaitu memastikan bahwa pakan yang diberikan bebas dari bahan kimia berbahaya atau zat-zat toksik yang dapat merusak kesehatan ikan dan berdampak negatif pada hasil produksi. Selain itu, faktor seperti suhu dan kualitas air juga dapat mempengaruhi kebutuhan nutrisi dan kesehatan ikan secara keseluruhan. Oleh karena itu, para peternak ikan harus memperhatikan semua aspek ini untuk memastikan bahwa ikan mereka menerima pakan yang berkualitas tinggi dan sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka.

## Peran dan Fungsi Nilai Gizi

Nilai gizi pada ikan merupakan kandungan nutrisi yang terdapat dalam ikan dan memiliki peran serta fungsi penting bagi kesehatan dan pertumbuhan manusia yang mengonsumsinya. Beberapa peran dan fungsi nilai gizi pada ikan antara lain:



### Protein:

Protein merupakan nutrisi penting bagi pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh, pembentukan enzim, hormon, dan zat antibodi dalam tubuh manusia. Ikan merupakan sumber protein hewani yang baik dan kaya akan asam amino esensial, yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia sendiri dan harus diperoleh melalui makanan.



### Asam lemak omega-3

Asam lemak omega-3 yang terdapat pada ikan berperan penting dalam menjaga kesehatan jantung, otak, dan sistem saraf manusia. Asam lemak omega-3 juga memiliki efek antiinflamasi dan membantu menurunkan risiko terjadinya penyakit kardiovaskular dan diabetes.



### Mineral

Ikan mengandung mineral seperti kalsium, fosfor, dan selenium, yang berperan penting dalam menjaga kekuatan tulang, memperbaiki sel, dan menjaga kesehatan sistem saraf dan otot.



### Vitamin

Ikan juga mengandung vitamin seperti vitamin B kompleks, vitamin D, dan vitamin E, yang berperan penting dalam menjaga kesehatan

sistem saraf, kulit, dan rambut, serta membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh.

Dengan mengonsumsi ikan secara teratur dan seimbang, kita dapat memenuhi kebutuhan nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tubuh kita dan menjaga kesehatan secara optimal. Oleh karena itu, ikan merupakan salah satu sumber makanan yang sangat penting dan bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Untuk ikan sendiri, meskipun kebutuhan nutrisi pada ikan sudah tersedia secara alami di kolam atau perairan, pada usaha agribisnis budidaya ikan yang dilakukan secara intensif, pakan alami tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan nutrisi yang optimal karena tingginya kepadatan populasi pemeliharaan ikan. Oleh karena itu, pemberian pakan buatan menjadi penting.. Di usaha agribisnis budidaya ikan tradisional, kebutuhan pakan ikan dapat dipenuhi oleh pakan alami yang tumbuh di kolam atau perairan. Namun, pada skala usaha yang lebih besar dan intensif, ketersediaan pakan alami tersebut sudah tidak mencukupi kebutuhan nutrisi ikan yang optimal. Karena itu, untuk memenuhi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan, diperlukan pemberian pakan buatan. Pada usaha budidaya ikan yang dilakukan secara intensif, kepadatan populasi pemeliharaan ikan yang sangat tinggi membuat ketersediaan pakan alami tidak dapat lagi menopang pertumbuhan dan perkembangan ikan secara optimal. Oleh karena itu, pemberian pakan buatan menjadi suatu keharusan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ikan.

**PROTEIN**

Merupakan sumber tenaga dan pertumbuhan paling utama bagi ikan. Kebutuhan protein 20-60%, optimum 30-36% dan kurang dari 6 % tidak tumbuh).

**LEMAK**

Merupakan sumber tenaga (kebutuhan 4-18%)

**KARBOHIDRAT**

Merupakan sumber tenaga

**VITAMIN**

Sebagai katalisator/pemacu terjadinya metabolisme, jumlahnya sedikit tapi jika kekurangan akan terjadi gangguan dan penyakit

### **Fungsi utama protein pada ikan:**

- ✚ Berperan dalam pembentukan antibodi, hormon, enzim, vitamin.
- ✚ Berperan dalam pertumbuhan maupun pembentukan jaringan tubuh.
- ✚ Sebagai sumber gizi.
- ✚ Sebagai sumber energi utama, terutama apabila komponen lemak dan karbohidrat yang terdapat di dalam pakan tidak mampu memenuhi kebutuhan energi.
- ✚ Berperan dalam perbaikan jaringan tubuh yang rusak.
- ✚ Turut berperan dalam pembentukan gamet.
- ✚ Berperan dalam proses osmoregulasi di dalam tubuh.

### **Fungsi lemak pada ikan :**

- ✚ Sebagai cadangan energi dalam bentuk sel lemak.
- ✚ Menopang fungsi senyawa organik sebagai penghantar sinyal.
- ✚ Menjadi suspensi bagi vitamin A, D, E dan K yang berperan penting dalam proses biologis.
- ✚ Berfungsi sebagai penahan guncangan terutama dalam melindungi organ vital dan melindungi tubuh dari suhu luar yang kurang bersahabat.
- ✚ Sebagai sarana sirkulasi energi di dalam tubuh dan komponen utama yang membentuk membran semua jenis sel.



### **Fungsi karbohidrat pada ikan :**

- ✚ Karbohidrat dalam tubuh ikan disimpan di dalam hati dan otot dalam bentuk glikogen, dan berfungsi sebagai cadangan energy.
- ✚ peningkatan pertumbuhan dan perkembangan ikan secara optimal.

### **Fungsi vitamin pada ikan :**

- ✚ Vitamin merupakan senyawa yang berfungsi sebagai katalisator (pemacu) dalam proses metabolisme ikan. Sebagai bagian dari enzim atau koenzim vitamin sangat berperan dalam pengaturan berbagai proses metabolisme tubuh ikan. Selain itu, vitamin mampu mempercepat proses perombakan pakan tanpa mengalami perubahan.
- ✚ Vitamin berfungsi untuk membantu protein dalam memperbaiki dan membentuk sel baru.
- ✚ Vitamin berperan dalam mempertahankan fungsi berbagai jaringan tubuh ikan sehingga mekanisme jaringan tubuh tersebut tetap bisa berjalan sebagaimana mestinya.
- ✚ Vitamin turut berperan dalam pembentukan senyawa-senyawa tertentu di dalam tubuh.

### **Fungsi mineral pada ikan :**

- ✚ Natrium (Na), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan Klor (Cl) berfungsi untuk mengatur keseimbangan asam basa dan proses osmosis antara cairan tubuh ikan dan lingkungannya.

- ✚ Ferum (Fe), Cuprum (Cu), dan Cobalt (Co), memegang peranan penting dalam proses pembekuan darah dan pembentukan hemoglobin pada tubuh ikan.
- ✚ Klor (Cl), Magnesium (Mg), dan Phosphor (P), memegang peranan penting dalam proses metabolisme tubuh ikan.
- ✚ Cuprum (Cu) dan Zinc (Zn) berperan untuk mengatur fungsi sel; Sulfur (S) dan Phosphor (P) berperan untuk membentuk fosfolipid dan bahan inti sel, Bromine (Br) berperan untuk mematangkan kelenjar kelamin, dan Iodin (I) berperan untuk membentuk hormon tiroid.

### **Bahan Baku Pilihan**

Pada kegiatan usaha budidaya ikan, kebutuhan pakan ikan adalah hal mutlak yang harus dipenuhi, namun demikian factor pakan menjadi hal yang sangat membebani pembudidaya, karena harga pakan ikan buatan atau pellet ikan yang begitu mahal. Oleh karena itu, membuat pakan ikan/pellet ikan sendiri adalah keputusan yang sangat baik untuk menekan modal usaha budidaya ikan. Pakan buatan (pellet) adalah makanan yang di ramu dari beberapa macam bahan yang diolah dan menjadi bentuk khusus sesuai standar gizi yg dibutuhkan ikan.

Pada kegiatan pembuatan pakan ikan atau pellet ikan, selain memperhatikan pemilihan bahan baku, terdapat beberapa hal penting yang perlu diperhatikan. Proses pembuatan pakan ikan harus memperhatikan bahwa bahan-bahan pakan ikan haruslah mudah dicerna oleh ikan, mudah dicampur, dan memiliki kandungan nutrisi yang tepat. Selain itu, perlu juga memperhatikan ukuran dan bentuk pellet yang diberikan agar dapat

dimakan dengan mudah oleh ikan. Proses pengolahan bahan pakan ikan juga harus dilakukan dengan baik untuk memastikan bahwa kualitas pakan tetap terjaga dan tidak terkontaminasi oleh bahan kimia berbahaya atau zat-zat toksik. Selain itu, kebersihan dan sanitasi dari bahan baku, alat, dan lingkungan produksi juga harus diperhatikan untuk memastikan bahwa pakan ikan yang dihasilkan aman dan berkualitas tinggi. Dengan memperhatikan semua faktor ini, pembuatan pakan ikan/pellet ikan dapat dilakukan dengan baik dan menghasilkan pakan yang berkualitas tinggi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ikan dengan baik.



Memang benar bahwa nilai nutrisi bahan-bahan hewani lebih baik dibandingkan dengan bahan nabati untuk pakan ikan. Selain kandungan proteinnya yang lebih tinggi, bahan-bahan hewani juga lebih mudah dicerna oleh ikan. Meskipun demikian, sumber protein nabati juga sangat penting dalam pembuatan pakan ikan, karena dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Bahan pakan ikan sebagai sumber protein nabati biasanya berasal dari biji-bijian dan daun-daunan, seperti tepung

jagung, dedak, tapioka, sagu, biji-bijian, dan daun-daunan. Namun, bahan-bahan ini juga mengandung serat kasar yang harus dihindari dalam jumlah yang terlalu banyak agar tidak mengganggu pencernaan ikan.

Sedangkan sumber protein hewani biasanya berasal dari tepung ikan, tepung tulang, tepung darah, dan tepung bekicot. Bahan-bahan ini mengandung protein dengan kualitas yang baik dan mudah dicerna oleh ikan. Selain itu, sumber protein hewani juga dapat membantu meningkatkan daya tahan tubuh ikan terhadap penyakit dan meningkatkan pertumbuhan ikan secara signifikan. Dalam penggunaannya, kombinasi antara sumber protein nabati dan hewani yang tepat dapat membantu mengoptimalkan kualitas pakan ikan dan memenuhi kebutuhan nutrisi ikan secara optimal. Beberapa informasi nilai gizi penting dari bahan-bahan baku yang banyak terdapat di lingkungan sekitar kita (sumberdaya lokal) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ikan dan memiliki nilai gizi yang cukup baik. Untuk mengetahui nilai gizinya, pemeriksaan kimia dan laboratorium harus dilakukan.

Selain itu, dalam memilih bahan pakan ikan, perlu juga memperhatikan aspek keberlanjutan dan kelestarian lingkungan. Beberapa sumber bahan pakan ikan hewani seperti tepung ikan seringkali berasal dari ikan tangkapan liar yang diambil dari lautan, dan dapat memicu kerusakan ekosistem laut dan kekurangan pasokan pangan bagi manusia. Oleh karena itu, alternatif sumber protein nabati yang ramah lingkungan seperti spirulina atau alga laut menjadi semakin populer dan dipertimbangkan dalam pembuatan pakan ikan masa depan. Dengan memperhatikan keseimbangan antara nilai nutrisi, keberlanjutan, dan kelestarian

lingkungan, pembuatan pakan ikan dapat menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan berkualitas tinggi.

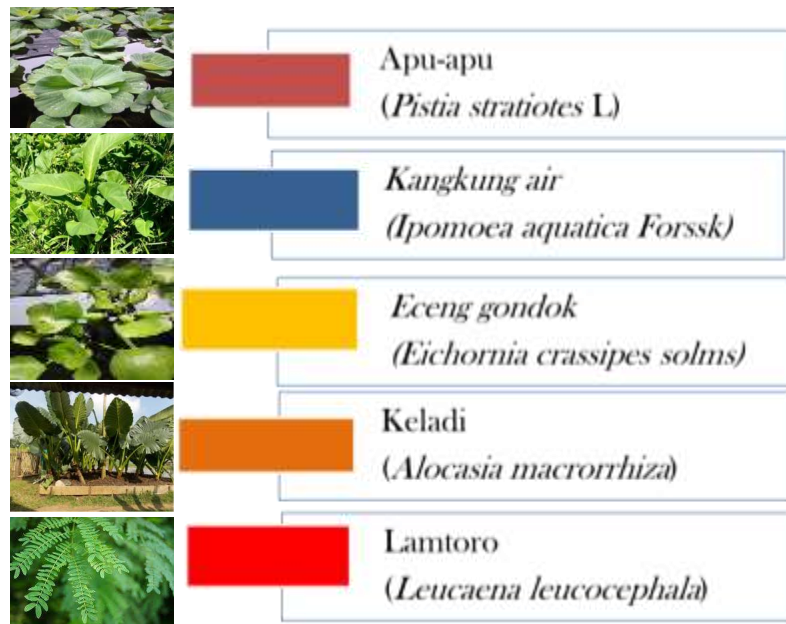
Beberapa sumber pakan nabati yang dapat digunakan dalam pembuatan pakan ikan dan berasal dari daratan antara lain:

- ✚ Biji-bijian seperti kedelai, bungkil kedelai, dan kacang tanah dapat diolah menjadi tepung yang kaya akan protein.
- ✚ Umbi-umbian seperti singkong dan kentang dapat diolah menjadi tepung yang kaya akan karbohidrat dan beberapa nutrisi lainnya.
- ✚ Daun-daunan seperti daun kelor, daun lamtoro, daun kacang hijau, dan daun bayam dapat diolah menjadi tepung yang mengandung protein, serat, vitamin, dan mineral.
- ✚ Jerami padi dan sekam padi dapat diolah menjadi tepung yang mengandung serat kasar dan beberapa nutrisi lainnya.
- ✚ Tumbuhan air seperti eceng gondok dan kangkung air juga dapat dijadikan sumber pakan nabati untuk ikan.

Namun, perlu diingat bahwa beberapa bahan pakan nabati yang berasal dari daratan juga mengandung anti-nutrisi seperti phytic acid dan trypsin inhibitor yang dapat mengurangi ketersediaan nutrisi bagi ikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan yang tepat sebelum digunakan dalam pembuatan pakan ikan, seperti pengeringan, fermentasi, dan perlakuan panas.



Bahan pakan ikan sebagai sumber protein nabati yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pakan buatan ikan gurami sago kebanyakan berasal dari daun-daunan seperti Gambar 2 berikut .



Gambar 2  
Berbagai sumber bahan baku nabati  
(Sumber : Dokumentasi Azrita dan Syandri, 2019)

### 3. BIOTEKNOLOGI SUMBER NABATI PAKAN BUATAN

Pembuatan pakan dari bahan lokal yang murah namun dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan dari ikan gurami sehingga mampu menghasilkan pertumbuhan ikan yang optimal (Lucas *et al.*, 2015). Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk menekan biaya produksi adalah dengan membuat pakan buatan serta dapat memanfaatkan sumber-sumber bahan baku lokal (Habibah *et al.*, 2013).

#### Apu-apu

Klasifikasi apu-apu menurut Safitri (2009), adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Sub kingdom : Tracheobionta  
Superdivisi : Spermatophyta  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Sub Kelas : Arecidae  
Ordo : Arales  
Famili : Araceae  
Genus : Pistia  
Spesies : *Pistia stratiotes* L.



Tabel 1. Analisis proksimat tepung daun apu-apu sebelum dan setelah fermentasi

No	Parameter	Daun apu-apu (%)	
		Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
1.	Kadar air	0,00	0,00
2.	Kadar abu	10,97	4,67
3.	Protein kasar (N x 6,25)	26,30	39,21
4.	Lemak kasar	6,16	4,37
5.	Karbohidrat	56,49	51,58
6.	Serat kasar	12,89	9,94

Sumber : Azrita dan Syandri, 2019

### Kangkung Air

Menurut Depkes RI (2000), taksonomi tumbuhan kangkung sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Sub kingdom : Viridiplantae
- Superdivisi : Embryophyta
- Divisi : Tracheophyta
- Sub Divisi : Spermatophytina
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Solanales
- Famili : Convolvulaceae
- Genus : Ipomoea
- Spesies : *Ipomoea aquatica* Forssk.



Dokumentasi : Azrita, 2019)

Tabel 2. Analisis proksimat tepung daun kangkung sebelum dan setelah fermentasi

No.	Parameter	Daun kangkung (%)	
		Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
1.	Kadar air	0,00	0,00
2.	Kadar abu	11,00	8,83
3.	Protein kasar (N x 6,25)	19,09	25,62
4.	Lemak kasar	1,60	1,29
5.	Karbohidrat	67,93	63,94
6.	Serat kasar	2,84	1,23

Sumber : Azrita dan Syandri, 2019

### Eceng gondok

Klasifikasi Eceng gondok menurut VAN Steenis, (1978) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Sub Kingdom : Viridiplantae  
 Superdivisi : Embryophyta  
 Divisi : Magnoliophyta  
 Sub Divisi : Spermatophytina  
 Kelas : Liliopsida  
 Ordo : Alismatales  
 Family : Butomaceae  
 Genus : *Eichornia*  
 Spesies : *Eichornia crassipes solms*



Tabel 3. Analisis proksimat tepung daun eceng gondok sebelum dan setelah fermentasi

No	Parameter	Daun eceng gondok (%)	
		Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
1.	Kadar air	0,00	0,00
2.	Kadar abu	21,91	18,24
3.	Protein kasar (N x 6,25)	18,96	25,11
4.	Lemak kasar	4,42	4,03
5.	Karbohidrat	54,62	52,61
6.	Serat kasar	16,06	15,79

Sumber : Azrita dan Syandri, 2019

### Keladi

Klasifikasi ilmiah tanaman keladi adalah sebagai berikut (Srivastava *et al.*, 2010) :

Kingdom : Plantae  
 Sub Kingdom : Viridiplantae  
 Super Divisi : Embryophyta  
 Division : Magnoliophyta  
 Sub Divisi : Spermatophytina  
 Kelas : Liliopsida  
 Orda : Arales  
 Family : Araceae  
 Genus : *Alocasia*  
 Species : *Alocasia macrorrhiza*



Dokumentasi : Azrita, 2019)



Tabel 4. Analisis proksimat tepung daun keladi sebelum dan setelah fermentasi

No.	Parameter	Daun keladi (%)	
		Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
1.	Kadar air	0,00	0,00
2.	Kadar abu	5,66	7,15
3.	Protein kasar (N x 6,25)	6,95	9,60
4.	Lemak kasar	6,02	5,83
5.	Karbohidrat	80,91	77,00
6.	Serat kasar	9,21	7,75

Sumber : Azrita dan Syandri, 2019

### Lamtoro

Klasifikasi ilmiah tanaman lamtoro adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Sub Kingdom : Viridiplantae  
 Super Divisi : Embryophyta  
 Divisi : Magnoliophyta  
 Kelas : Magnoliopsida  
 Sub kelas : Rosidae  
 Ordo : Fabales  
 Famili : Mimosaceae  
 Genus : *Leucaena*  
 Spesies : *Leucaena leucocephala* L.



Dokumentasi : Azrita, 2019)

Tabel 5. Analisis proksimat tepung daun lamtoro sebelum dan setelah fermentasi

No.	Parameter	Daun lamtoro (%)	
		Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
1.	Kadar air	0,00	0,00
2.	Kadar abu	5,24	4,07
3.	Protein kasar (N x 6,25)	25,55	28,53
4.	Lemak kasar	12,02	9,31
5.	Karbohidrat	45,48	27,57
6.	Serat kasar	21,48	16,50

Sumber : Azrita dan Syandri, 2019

#### 4. TEKNIS PEMBUATAN PAKAN FERMENTASI

##### Proses fermentasi

- ✚ Mempersiapkan *Rhizopus oligoporus* sebagai fermentor dan air gula sebagai makanan fermentor.
- ✚ Tepung nabati dimasukkan kedalam plastik tahan panas dalam keadaan anaerob, kemudian dikukus selama  $\pm 15$  menit.
- ✚ Setelah dikukus, plastik tepung nabati dibuka lalu dikering-anginkan.
- ✚ Tepung daun apu-apu, tepung daun kangkung, tepung daun eceng gondok, tepung daun keladi diaduk rata dengan fermentor 20 g *Rhizopus oligoporus* untuk 1.000 g tepung daun nabati .
- ✚ Kemudian beri sedikit demi sedikit air gula hingga tepung daun tidak terlalu lembab dan tidak terlalu kering.
- ✚ Setelah tercampur, masukan kembali kedalam plastik dan dilubangi dalam keadaan aerob.
- ✚ Simpan dalam ruangan dan tunggu  $\pm 1$  minggu hingga mulai tercium bau tape.
- ✚ Buka plastik dan kering-anginkan tepung.

##### Proses pembuatan pakan

- ✚ Menyiapkan bahan untuk dijadikan sebagai pakan buatan yaitu tepung ikan, tepung daun apu-apu, tepung daun kangkung, tepung daun eceng gondok, tepung daun keladi, lamtoro, dedak halus, tepung tapioka, minyak jagung, dan mineral mix.

- ✚ Sebelum dibuat menjadi pakan, tepung daun (apu-apu, kangkung, eceng gondok, keladi dan lamtoro) difermentasi selama  $\pm$  1 minggu dengan menggunakan *Rhizopus oligosporus*.
- ✚ Masing-masing bahan dihaluskan dengan cara diblender, bagian yang tidak bisa diblender dihaluskan dengan cara ditumbuk dengan lumpang kayu kemudian diayak.
- ✚ Setelah itu semua bahan baku ditimbang, sesuai dengan berat masing-masing bahan yang sudah ditentukan.
- ✚ Kemudian masing-masing bahan yang telah ditimbang digabungkan lalu diaduk, seterusnya, sedikit-demi sedikit diberi adonan tepung tapioka agar semua bahan dapat menyatu.
- ✚ Pakan dicetak menggunakan alat pencetak pelet.
- ✚ Pakan dikering-anginkan selama 1 - 2 hari.

Tabel 6. Kadar protein bahan baku

Bahan pakan	Protein (%)		Protein kasar (%)
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi	
Tepung daun apu-apu *	26,30	39,21	39,21
Tepung daun kangkung*	19,09	25,62	25,62
Tepung daun eceng gondok*	18,96	25,11	25,11
Tepung daun keladi*	6,95	9,60	9,60
Tepung daun lamtoro*	25,55	28,53	28,53
Tepung ikan**	-	-	75,77
Dedak halus***	-	-	8,96

Keterangan:

\* Azrita dan Syandri, 2019

\*\* Data Sekunder PT.Saraswanti Indo Genetech, Bogor, 2018.

\*\*\* Data Sekunder Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Kimia Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN SUSKA Riau, 2010.

Berdasarkan kadar protein dan ransum maka untuk menentukan kadar protein pakan diuji dengan metoda trial and error (Khairuman, 2002), yang terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi ransum dengan kadar protein pakan 25%

	Tepung daun apu- apu (g)	Tepung daun kangkung (g)	Tepung daun eceng gondok (g)	Tepung daun keladi (g)	Tepung daun lamtoro (g)
Tepung nabati	350	550	590	630	442
Tepung ikan	100	100	100	230	221
Dedak halus	490	320	290	130	167
Tepung tapioka	58	28	18	8	168
Minyak jagung	1	1	1	1	1
Mineral mix	1	1	1	1	1
<b>Jumlah</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

Sumber : Azrita, 2019



Gambar 3  
Proses pengeringan dan penepungan bahan baku nabati  
(Dokumentasi : Azrita dan Syandri, 2019)



Gambar 4  
Hasil fermentasi bahan baku nabati  
(Dokumentasi : Azrita dan Syandri, 2019)



Gambar 5  
Pakan buatan berbasis bahan baku nabati  
(Dokumentasi : Azrita dan Syandri, 2019)

### **Membuat Probiotik Sendiri**

Budidaya ikan dengan sistem bioflok memanfaatkan limbah organik menjadi pakan alami untuk ikan. Pada proses merubah limbah organik menjadi pakan alami tentu membutuhkan bantuan bakteri. Bakteri tersebut dapat diperoleh dari probiotik. Probiotik adalah mikroorganisme hidup non patogen yang diberikan pada hewan untuk perbaikan laju pertumbuhan, efisiensi konsumsi ransum, dan kesehatan. Probiotik bentuk pakan tambahan berupa sel mikroba hidup yang menguntungkan bagi hewan inangnya melalui cara menyeimbangkan kondisi mikrobiologis hewan. Probiotik sering



dipakai pada bidang perikanan dalam pakan dan campuran media air. Dalam pakan digunakan dengan cara pencampuran bahan pakan dengan probiotik.

Produk probiotik sangat banyak ditemukan di pasaran, dan harganya sangat bervariasi, tergantung dari merk dan kualitasnya. Untuk menghemat biaya produksi, dapat dilakukan dengan pembuatan probiotik sendiri dengan memanfaatkan bahan baku yang ada dan bernilai ekonomis rendah.

### **Bahan yang Diperlukan**

Sebelum masuk pada cara pembuatannya, bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan probiotik seperti air bersih, air kelapa, gula pasir, gula aren, ragi tape/tempe, atau yakult dan EM4 dapat dibeli di toko pertanian dan perikanan.



Gambar 6  
Bahan pembuatan probiotik  
(Sumber : Berbagai sumber internet, 2019)

### Cara Pembuatan

- ✓ Gula pasir dan gula aren di masak sampai cair dengan menggunakan air bersih, selanjutnya disaring lalu didinginkan. Setelah dingin tambahkan semua bahan lainnya (air kelapa, ragi yang telah dihaluskan) dicampur dalam satu wadah dan selanjutnya dimasukkan ke dalam jerigen yang ditutup rapat untuk dilakukan fermentasi.
- ✓ Simpan jerigen yang berisi larutan pada tempat yang gelap dan tidak terkena sinar matahari agar proses fermentasi berjalan dengan optimal.
- ✓ Fermentasi dilakukan selama 1 x 24 jam dalam kondisi tertutup rapat
- ✓ Hari ke-2 tambahkan EM 4 dan beri aerasi selama 24 jam



Gambar 7

#### Proses fermentasi

(Sumber : Dokumentasi Azrita dan Syandri, 2019)

- ✓ Setelah proses fermentasi selesai, probiotik dapat diaplikasikan langsung pada air di dalam kolam dengan dosis 8-10 ml/m<sup>3</sup> yang berfungsi untuk menjaga kualitas air kolam dari pembusukan sisa pakan dan feses atau dicampurkan ke pakan buatan dengan cara di semprotkan secara merata yang berfungsi untuk membantu proses pencernaan makanan pada ikan.



Gambar 8  
Proses pencampuran pakan dengan probiotik  
(Sumber : Dokumentasi Azrita dan Syandri, 2019)

- ✓ Penambahan *probiotik*, yang merupakan bibit bakteri pengurai zat organik yang akan menjadi flok protein dengan takaran 8-10 ml/meter<sup>3</sup> ke dalam air kolam disertai dengan pengadukan yang dilakukan melalui sistem aerasi. Pengadukan akan di lakukan 24 jam secara terus-menerus, dengan bantuan dari aerator. Biarkan proses ini selama beberapa hari, sehingga air benar-benar matang dan sudah terdapat flok protein di dalamnya.

Probiotik yang dihasilkan akan berfungsi sebagai bahan yang dapat merangsang tumbuh dan berkembangnya bakteri pengurai dan dapat berkembang secara efektif.



Gambar 9  
Bagan alir proses pembuatan probiotik  
(Sumber : Dokumentasi Azrita dan Syandri, 2019)

### **Efisiensi Pakan dengan Penambahan Probiotik**

Probiotik adalah mikroorganisme hidup non patogen yang diberikan pada hewan untuk perbaikan laju pertumbuhan, efisiensi konsumsi ransum, dan kesehatan. Probiotik bentuk pakan tambahan berupa sel mikroba hidup yang menguntungkan bagi hewan inangnya melalui cara menyeimbangkan kondisi mikrobiologis hewan. Probiotik sering dipakai pada bidang perikanan dalam pakan dan campuran media air. Dalam pakan digunakan dengan cara pencampuran bahan pakan dengan probiotik.

Dalam pencampuran pelet ditambah probiotik dengan melalui proses fermentasi terlebih dahulu. Dengan menggunakan probiotik pembudidaya ikan mengaku bisa menekan FCR (*Feed Conversion Ratio*) dalam penggunaan pakan komersial hingga 0,8 kg untuk menghasilkan 1 kg ikan. Selain itu penggunaan Probiotik juga bisa mempercepat waktu pemeliharaan.

Berdasarkan pengalaman dilapangan dengan menggunakan probiotik pertumbuhan ikan menjadi lebih cepat jika dibanding tanpa probiotik. Selain itu tingkat kematian ikan juga kecil serta daging ikan yang dipanennya menjadi lebih padat. Dengan probiotik bisa mendapatkan hasil panen lele dengan kualitas yang baik. Hal ini di indikasikan dengan pertumbuhan ikan lebih cepat sehingga dapat segera dipanen, ukuran ikan seragam, dan tidak bau lumpur atau tanah. Dengan campuran probiotik dan pelet ini membuat metabolisme dan pencernaan ikan sempurna. Sebagian besar, 90% pakan yang masuk ke tubuh akan menjadi daging ikan.

Namun aplikasi probiotik pada pakan ikan ini memang menuntut ketelatenan. Pasalnya pembudidaya ikan setiap hari harus melakukan pencampuran probiotik dengan pakan ikan. Untuk manajemen pakan, selain pemilihan jenis pakan yang tepat, ada teknik tertentu dalam pengolahan pakan sebelum digunakan. Yaitu melalui penerapan sistem fermentasi pakan sehingga nilai pencernaan pakan meningkat. Fermentasi adalah proses pemecahan karbohidrat dan asam amino dalam keadaan anaerobik (tanpa memerlukan oksigen). Dalam proses fermentasi terjadi perubahan kimia dalam bahan pangan yang disebabkan oleh aktivitas enzim.

Keuntungan pakan di fermentasi dengan probiotik :

- ✚ Penggunaan pakan lebih hemat
- ✚ Memotong rantai peptida protein, menjadi protein rantai pendek
- ✚ Pakan langsung bisa di cerna
- ✚ Tekstur pelet lebih lembut
- ✚ Menambah nutrisi pakan
- ✚ Merangsang nafsu makan ikan
- ✚ Tingkat kematian ikan rendah
- ✚ Daging ikan yang dipanen lebih padat
- ✚ Baik untuk pemeliharaan air

## 5. BIOTEKNOLOGI PEMANFAATAN RUMPUT AIR APU-APU SEBAGAI BAHAN PAKAN UNTUK PEMELIHARAAN BENIH IKAN GURAMI GALUR SAGO

### Pendahuluan

Akuakultur menawarkan sumber ekonomi dan protein untuk kesehatan manusia. Selain itu, sektor produksi pangan global ini juga merupakan yang tumbuh paling cepat (FAO, 2016). Menurut laporan FAO (2017), permintaan pangan global yang bersumber dari akuakultur diperkirakan akan meningkat sebesar 50% pada tahun 2050, terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Oleh karena itu, perlu adanya perhatian dan pengembangan teknologi sistem akuakultur (Azrita et al., 2021; Azrita et al., 20218; Kibria dan Haque, 2018; Rosa et al., 2019), spesies ikan atau galur baru (Opiyo et al., 2018; Kabir et al., 2019; Syandri et al., 2020), serta sumber bahan baku pakan berbasis sumberdaya local (Bowyer et al., 2020; Hassaan et al., 2018; Mamauag et al., 2019; Azrita et al., 2022) untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat tersebut.

Selama beberapa dekade terakhir, tepung ikan telah menjadi sumber protein utama untuk bahan pakan ikan (Hua et al., 2019; Davidson et al., 2016; Li et al., 2019). Namun, produksi tepung ikan bersumber dari ikan tangkapan liar (Hua et al., 2019), yang menyebabkan biaya pakan ikan menjadi tantangan utama bagi operasi akuakultur dengan sekitar 50% dari total biaya operasi (Hasimuna et al., 2019; Kim et al., 2019; Kokou dan Fountoulaki, 2018; Dawood dan Kashio, 2019). Beberapa ilmuwan telah mencoba memformulasikan pola makan seimbang dengan biaya rendah, nilai gizi tinggi, harga murah, dan ketersediaan dari produk nabati (Dawood

et al., 2020; Hassaan et al., 2018; Ali dan Kaviraj, 2018; Rosales et al., 2017).

*Pistia stratiotes*, atau tepung daun apu-apu, kemungkinan besar dapat dijadikan sebagai sumber protein pengganti tepung ikan yang kaya protein untuk beberapa jenis budidaya. Namun, kandungan anti-nutritional factor (ANFs) yang tidak seimbang dapat mengurangi palatabilitasnya dan membatasi aplikasinya untuk pakan ikan (Kokou dan Fountaulaki, 2018). Oleh karena itu, banyak peneliti telah melaporkan bahwa kualitas nutrisi berbagai sumber protein alternatif dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi (Dawood et al., 2020; Hamidoghli et al., 2020; Mamauag et al., 2019; Seong et al., 2018; Li et al., 2019; Ringo, 2020), termasuk pengayaan pakan dengan produk formula baru berbasis air kelapa, gula nira aren, dan jamur (Azrita et al., 2021; Azrita et al., 2023).

Dengan demikian, tepung daun apu-apu dapat diolah dengan mikroorganisme yang tepat untuk meningkatkan nutrisinya dan akhirnya dimasukkan ke dalam pakan ikan, yang pada akhirnya akan mengurangi biaya pakan dan beban limbah.

*Saccharomyces cerevisiae* terkenal memiliki sifat memfermentasi maltosa dengan cepat dan kemudian mampu memetabolisme substrat (Sharawy et al., 2016; Hassaan et al., 2018; Hassaan et al., 2015; Bowyer et al., 2020). Selain itu, penggunaan tepung daun apu-apu yang telah difermentasi dengan *Rhizopus oligosporus* sebagai substitusi tepung ikan terbukti efektif dalam ransum pakan ikan gurami galur sago.

Ikan gurami, *Osphronemus goramy*, Lacepède (1801) adalah salah satu komoditas air tawar utama di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi penting. Ikan ini dapat dibudidayakan pada sistem budidaya yang berbeda,



toleransi terhadap lingkungan yang bervariasi, merupakan spesies herbivora, dan memiliki permintaan pasar yang tinggi (Aryani et al., 2017; Slembrouck et al., 2018; Pouil et al., 2019; Azrita et al., 2020; Syandri et al., 2020). Namun, intensifikasi budidaya ikan gurami membutuhkan penggunaan pelet komersial yang mahal. Di Indonesia, biaya pakan ikan mencapai sekitar 80 persen dari total biaya budidaya, yang mengakibatkan keuntungan budidaya ikan gurami menurun (Wardono dan Prabakusuma, 2016; Syandri et al., 2015). Oleh karena itu fermentasi tepung daun apu-apu telah dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan dan komposisi karkas ikan gurami galur sago.

### **Metode pengujian tepung daun apu-apu**

Untuk menyiapkan pakan untuk juvenil ikan gurami galur sago, daun hijau segar apu-apu (*Pistia stratiotes*) dikumpulkan dari kolam beton di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Bung Hatta. Kemudian daun hijau tersebut dijemur dan ditumbuk halus untuk membuat tepung daun. Tepung daun kemudian difermentasi dengan ragi yang mengandung *Rhizopus oligosporus* dengan menggunakan campuran tepung daun sebanyak 1000 g dan ragi sebanyak 20 g. Campuran tepung daun apu-apu dan ragi ini diinkubasi dalam kantong plastik pada suhu 37 °C selama 7 hari. Setelah 7 hari, produk fermentasi basah dikumpulkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C.

Untuk mengetahui komposisi proksimat tepung daun apu-apu yang telah difermentasi, dilakukan analisis dengan metode AOAC. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap kandungan asam fitat (Nishitani dan Osawa, 2003), asam tanat (Narsih et al., 2008), dan beberapa mineral

esensial dengan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (AAS) pada sampel bahan baku kering, yaitu tepung daun dan produk fermentasi.

Pakan percobaan untuk juvenil ikan gurami galur sago terdiri dari tepung ikan, bungkil kedelai, tepung daun *Pistia stratiotes* yang telah difermentasi dengan ragi *Rhizopus oligosporus*, dedak halus, minyak jagung, minyak ikan, tepung terigu, tepung tapioka, vitamin premix dan garam. Semua bahan tersebut ditumbuk dan diayak hingga melewati ukuran mesh 0,5 mm. Diet isoprotein, isolipid, dan isoenergi yang terdiri dari empat level kadar protein dengan mengganti sebagian bungkil kedelai dengan tepung daun apu-apu hasil fermentasi ragi dan mencampurkan 350 (35%), 400 (40%), 450 (45%), dan 500 g (50%) tepung daun apu-apu yang diberi label T1, T2, T3, dan T4 (lihat Tabel 8 untuk komposisi pakan). Seluruh campuran bahan pakan dimasukkan ke dalam mesin pelet dan dioperasikan secara manual untuk membuat pakan pelet berukuran 1 mm yang mengandung 30% protein kasar.

Benih ikan gurami galur sago yang digunakan dalam implementasi penggunaan tepung daun apu-apu hasil fermentasi sebagai substitusi tepung bungkil kelapa ini dikumpulkan dari hasil pembenihan di laboratorium pembenihan ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Bung Hatta. Pada penelitian ini, pemberian pakan dilakukan dua kali sehari dengan menggunakan rasio pakan sebanyak 3% dari berat biomassa ikan per hari.

Tabel 8. Diet uji dan komposisi kimia proksimat (berdasarkan bahan kering)

Bahan ransum	Pistia stratiotes leaf meal			
	T1	T2	T3	T4
Tepung ikan (50% CP) <sup>a</sup>	100	100	100	100
Tepung kedele (35.9%) <sup>b</sup>	200	150	100	50
Tepung daun apu-apu (39.21% CP) <sup>c</sup>	350	400	450	500
Dedak padi	325	325	325	325
Minyak jagung	5	5	5	5
Minyak ikan	5	5	5	5
Tepung kanji	7	7	7	7
Tepung topioka	5	5	5	5
Vitamin- Mineral Mix	2	2	2	2
Garam	1	1	1	1
Komposisi bio kimia pakan (%)				
Kadar air	9.18	9.25	9.3	9.28
Protein kasar	30.64	30.58	30.36	30.4
Lemak kasar	9.15	9.22	9.2	9.25
Karbohidrat	44.3	43.6	43.7	43.47
Kadar abu	4.67	4.5	4.6	4.7
Kadar serat kasar	2.06	2.85	2.84	2.9
Gross energy (kcal/g) <sup>1</sup>	363.55	361.32	360.55	359.99

<sup>a</sup>Tepung ikan (protein 50%, lipid 10.82%, abu 15.25%)

<sup>b</sup>Tepung kedelai (protein 35.9%, lipid 20.6%)

<sup>c</sup>Tepung daun apu-apu (protein 39.21%, lipid 4.37%, abu 4.67%)

## Komposisi biokimia tepung daun apu-apu sebelum dan sesudah fermentasi

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tepung daun apu-apu sebelum dan sesudah difermentasi dengan *Rhizopus oligosporus* dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 9. Tepung daun apu-apu sebelum dan setelah fermentasi

	Tepung daun apu-apu sebelum fermentasi	Tepung daun apu-apu setelah fermentasi
Protein kasar	26.30	39.21
Lemak kasar	6.16	4.37
Karbohidrat	43.68	42.81
Serat kasar	12.89	8.94
Abu	10.97	4.67
Anti-nutritional factors (%)		
Asam Phytic	0.220	0.0001
Asam Tannic	2.984	1.986
Minerals esensial (mg/kg)		
Calcium (Ca)	709.19	807.28
Phosphorus (P)	16526.99	17700.89
Zinc (Zn)	62.75	72.70
Iron (Fe)	187.41	189.72
Mangan (Mn)	119.62	119.85
Magnesium (Mg)	9312.68	9612.18

Pertumbuhan benih ikan gurami galur sago setelah diperlakukan dengan perbedaan persentase tepung daun-apu-apu dipresentasikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai rata-rata ( $\pm$ SD) dari berbagai parameter pertumbuhan ikan gurami galur sago yang diberi pakan tepung daun apu-apu pada level yang berbeda

	Tepung daun apu-apu				P value
	T1	T2	T3	T4	
Berat awal (g)	2.57 $\pm$ 0.34	2.57 $\pm$ 0.35	2.57 $\pm$ 0.34	2.57 $\pm$ 0.32	
Berat akhir (g)	20.91 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	24.55 $\pm$ 0.60 <sup>b</sup>	17.78 $\pm$ 0.35 <sup>c</sup>	16.67 $\pm$ 0.51 <sup>d</sup>	0.280
Pertmbahan berat (g)	18.34 $\pm$ 0.36 <sup>c</sup>	21.98 $\pm$ 0.28 <sup>ab</sup>	15.20 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	14.30 $\pm$ 0.18 <sup>ad</sup>	0.185
Pertumbuhan spesifik (%/day)	2.00 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	2.22 $\pm$ 0.22 <sup>ab</sup>	1.94 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	1.89 $\pm$ 0.10 <sup>d</sup>	0.887
Rasio efisiensi pakan	0.70 $\pm$ 0.02	0.76 $\pm$ 0.03	0.71 $\pm$ 0.04	0.70 $\pm$ 0.01	0.244
Feed conversion ratio (FCR)	1.26 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	1.18 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	1.20 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.21 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.547
Rasio efisiensi protein	2.27 $\pm$ 0.08	2.37 $\pm$ 0.27	2.34 $\pm$ 0.14	2.30 $\pm$ 0.02	0.122
Rasio efisiensi lemak	7.62 $\pm$ 0.25	7.86 $\pm$ 0.88	7.73 $\pm$ 0.46	7.57 $\pm$ 0.07	0.122
Protein + lipid efficiency ratio	1.75 $\pm$ 0.66	1.82 $\pm$ 0.60	1.80 $\pm$ 0.11	1.77 $\pm$ 0.02	0.122
Survival (%)	96.66 $\pm$ 5.77	96.66 $\pm$ 5.77	93.33 $\pm$ 11.54	96.66 $\pm$ 5.77	0.123

## Komposisi karkas

Tabel 11 memperlihatkan komposisi karkas (% berat basah rata-rata) ikan gurami galur sago dengan variasi kadar pakan tepung daun apu-apu hasil fermentasi selama 90 hari percobaan. Terdapat perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ) pada kandungan protein kasar, lemak kasar, karbohidrat, dan abu antara perlakuan setelah 90 hari percobaan, sementara kadar air dan serat kasar tidak menunjukkan perbedaan nyata ( $p > 0,05$ ).

Tabel 11. Komposisi proksimat pakan yang disubsitusi dengan tepung daun apu-apu

	Tepung daun apu-apu			
	T1	T2	T3	T
Kadar air	71.08±0.09	70.37±0.51	71.30±0.49	72.11±0.41
Protein kasar	22.33±0.03 <sup>a</sup>	22.97±0.02 <sup>b</sup>	21.83±0.03 <sup>c</sup>	21.14±0.03 <sup>d</sup>
Lemak kasar	1.20±0.01 <sup>a</sup>	1.29±0.01 <sup>b</sup>	1.16±0.02 <sup>c</sup>	1.07±0.03 <sup>d</sup>
Karbohidrat	2.81±0.02 <sup>a</sup>	2.73±0.02 <sup>b</sup>	2.82±0.02 <sup>c</sup>	3.04±0.02 <sup>d</sup>
Serat kasar	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.3±0.01 <sup>a</sup>	0.3±0.01 <sup>a</sup>	0.26±0.01 <sup>d</sup>
Abu	2.22±0.01 <sup>a</sup>	2.58±0.08 <sup>b</sup>	2.02±0.02 <sup>c</sup>	1.94±0.01 <sup>d</sup>

Huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara level tepung daun apu-apu.

Sekitar 70% hewan akuakultur saat ini diberi makan dengan aquafeed yang bergantung pada tepung ikan dan minyak ikan dari sumber alami (Hua et al., 2019). Namun, karena ketergantungan pada sumber daya alam ini, beberapa percobaan telah dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan penggunaan tepung biji, tepung daun gulma air, dan tepung bunga matahari sebagai sumber protein alternatif dalam pakan hewan air seperti *Oreochromis niloticus* (Dawood et al., 2020; Hassaan et al., 2018), *Epinephelus fuscoguttatus* (Mamauag et al., 2019), *Rachycentron canadum* (Pham et al., 2020), dan *Scophthalmus maximus* (Li et al., 2019). Dalam

penelitian ini, bahan tepung kedelai sebagian diganti dengan tepung daun *Pistia stratiotes* yang telah difermentasi dengan ragi.

Menurut Chosh dan Ray (2017), faktor antinutrisi (ANFs) endogen seperti protease inhibitor, tanin, mimosin, asam fitat, polisakarida non-pati, dan defisiensi dapat mengurangi nilai gizi bahan pakan tanaman. Pada penelitian ini, bahan baku PLM mengandung asam fitat dan asam tanat sebesar 0,220% dan 2,984% masing-masing, namun setelah mengalami fermentasi, kandungan tersebut menurun menjadi 0,000% dan 1,986%. Anwar dan Burhanudin (2012) juga mengungkapkan bahwa jamur *Rhizopus oligosporus* memiliki laju hidrolisis tanin yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikroba lainnya.

Namun, Setiarto dan Widhyastuti (2016) menyatakan bahwa *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Saccharomyces cerevisiae* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hidrolisis tanin pada bungkil sorgum. Meskipun demikian, *Rhizopus oligosporus* terbukti mampu menurunkan kadar asam fitat dari 19,53% menjadi 13,39%. Oleh karena itu, penurunan kandungan asam fitat dan tanin pada PLM yang mengalami fermentasi dapat meningkatkan kualitas pakan ikan sagu gurami. Francis et al. (2001) juga mengungkapkan bahwa tanin adalah produk antinutrisi yang dominan berasal dari tanaman.

Untuk meningkatkan ketersediaan berbagai sumber protein nabati yang tidak biasa dalam aquafeed, dapat dilakukan pengolahan dengan berbagai jenis ragi (Dawood dan Kashio, 2019; Ali dan Kaviraj, 2018; Mandal dan Chosh, 2018). Selain itu, fermentasi tepung daun apu-apu menggunakan *Rhizopus oligosporus* dapat meningkatkan kandungan protein kasar dan menurunkan serat kasar. Selain itu, fermentasi ini juga

telah meningkatkan nilai mineral esensial seperti kalsium, fosfor, seng, besi, mangan, dan magnesium pada tepung daun apu-apu. Di sisi lain, pengolahan daun *Pistia* kering dengan metode solid state fermentasi (SSF) secara bio efektif meningkatkan kandungan protein kasar, lipid, dan abu, sambil mengurangi kandungan serat kasar dan faktor antinutrisi (Mandal dan Chosh, 2018).

Dalam konteks peningkatan pertumbuhan bibit sagu gurami, dosis optimal PLM fermentasi dalam ransum pakan berkisar antara 37-44%. Sementara itu, pemberian pakan berbahan dasar *Lemma* minor yang telah difermentasi oleh *Rizopus oryzae* lebih baik dalam meningkatkan pertumbuhan iksan betok (*Anabas testudineus*) dibandingkan dengan bahan dasar *Pistia stratiotes* yang difermentasi oleh *Aspergillus niger* (Akbar et al., 2016). Namun, tingkat protein nabati non-konvensional yang dapat memberikan kinerja pertumbuhan maksimal dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti metode pengolahan bahan baku, penggunaan fermentor, periode pemberian, prosedur percobaan, spesies, dan ukuran ikan yang digunakan (Dowood et al., 2020; Hassaan et al., 2018).

Dalam implementasi penggunaan tepung-daun apu-apu tingkat kelangsungan hidup benih ikan gurami galur sago yang diberi pakan tepung daun apu-apu hasil fermentasi yang telah difermentasi dengan *Rhizopus oligosporus* tetap tinggi selama percobaan, dan tidak terdapat penurunan pertumbuhan yang diamati bahkan dengan penggunaan PLM yang telah difermentasi hingga 40%. Studi lain pada ikan nila menunjukkan bahwa penambahan ragi fermentasi tepung biji kurma hingga 20% dalam pakan tidak mengurangi pertumbuhan ikan (Dawood et al., 2020). Untuk pertumbuhan ikan Rohu (*Labeo rohita*), studi menunjukkan bahwa



penggantian 25% tepung ikan dengan tepung daun *Ipomoea* yang telah difermentasi oleh bakteri *Stenotrophomonas maltophilia* menghasilkan pertumbuhan yang terbaik (Ali dan Kaviraj, 2018), sedangkan penggantian 40% tepung ikan dengan tepung daun *Eichhornia* yang telah difermentasi dengan *Bacillus subtilis* menunjukkan hasil terbaik untuk pertumbuhan *Labeo rohita* (Saha dan Ray, 2011).

Dalam penelitian ini, tingkat kelangsungan hidup benih sagu gurami yang diberi pakan PLM yang difermentasi dengan *Rhizopus oligosporus* tetap tinggi selama percobaan, dan tidak ada penurunan pertumbuhan yang diamati dengan dimasukkannya PLM yang difermentasi hingga 40%. Di sisi lain, penggantian 25% tepung ikan dengan tepung bunga matahari yang telah difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam kinerja pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila dibandingkan dengan kelompok kontrol (Hassaan et al., 2018).

Selain itu, diet yang diberi makan dengan PLM sebesar 40% dapat mengurangi FCR secara signifikan dibandingkan dengan tingkat diet PLM lainnya. Dawood dkk. (2020) melaporkan bahwa FCR ikan nila yang diberi makan dengan inklusi tepung biji kurma fermentasi 0%, 5%, 10%, dan 15% masing-masing adalah 1,53, 1,39, 1,32, dan 1,25. Sedangkan FCR ikan Rohu dengan inklusi tepung daun *Ipomoea aquatica* 0%, 21%, 48%, dan 68% berturut-turut adalah 3,68, 2,01, 2,27, dan 3,28 (Ali dan Kaviraj, 2018).

Meskipun tilapia dan Rohu merupakan ikan omnivora dan gurame merupakan ikan herbivora, kebiasaan makan ikan dapat berhubungan dengan koefisien pencernaan karena perbedaan anatomi, fisiologi pencernaan, dan aktivitas enzim pencernaan. Aktivitas enzim pencernaan seperti amilase, lipase, dan alkalin fosfatase tidak dipengaruhi oleh protein

makanan, tetapi oleh aktivitas proteolitik dan asam fosfatase (Debnath et al., 2007). Kemungkinan besar, nilai FCR dipengaruhi oleh faktor-faktor ini. Namun, korelasi antara karakteristik pakan dan aktivitas enzim pencernaan seperti amilase, lipase, dan alkaline phosphatase pada budidaya sagu gurami masih kurang dipahami.

Pada penelitian ini, penambahan bahan pakan hasil fermentasi PLM dengan persentase yang berbeda (35-50%) berpengaruh nyata terhadap kadar protein, lemak, karbohidrat, dan abu pada karkas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan tambahan PLM sebanyak 40% memberikan pertumbuhan yang lebih baik pada ikan sagu gurami dibandingkan dengan pemberian pakan 35%, 45%, dan 50%. Laju pertumbuhan spesifik dan kandungan protein kasar dan lemak dalam karkas juga meningkat dengan penambahan pakan sebanyak 40% dari PLM. Selain itu, Øverland et al. (2009) melaporkan bahwa konsentrat protein kacang dapat menggantikan 20% protein tepung ikan dalam pakan tanpa efek merugikan pada komposisi karkas ikan salmon. Namun, Thongprajukaew et al. (2015) melaporkan bahwa ikan nila yang diberi pakan bungkil inti sawit yang direndam air dan penyinaran gelombang mikro hanya sedikit berpengaruh pada peningkatan kadar air dan abu karkas. Sementara itu, penggantian tepung ikan dengan beberapa produk nabati dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi yang berakibat pada gizi buruk pada pakan ikan dan efek negatif pada kinerja pertumbuhan dan komposisi karkas (Wang et al., 2006). Oleh karena itu, komposisi karkas ikan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kualitas pakan, formulasi pakan, jenis dan bahan pakan, fisikokimia pakan, dan persentase

penggantian tepung ikan dengan produk nabati (Thongprajukaew et al., 2015; Ali dan Kaviraj, 2018; Li et al., 2019).

### **Kesimpulan**

Sebagai kesimpulan, implementasi penggunaan tepung daun apu-apu yang difermentasi menunjukkan bahwa fermentasi tepung daun *Pastia stratiotes* dengan ragi *Rhizopus oligosporus* dapat meningkatkan kandungan protein kasar dan mineral esensial, serta mengurangi faktor anti nutrisi. Hal ini berdampak positif pada kinerja pertumbuhan ikan. Dengan harga PLM dan *R. oligosporus* yang terjangkau, hasil penelitian ini sangat bermanfaat, dan oleh karena itu disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan PLM fermentasi dalam pakan ikan sagu gurami. Analisis regresi polinomial menunjukkan tingkat inklusi optimal berkisar antara 37 hingga 44%.

## Daftar Pustaka

1. **Azrita, H. Syandri, 2018.** Effects of Salinity on Survival and Growth of Gurami Sago (*Osphronemus goramy*, Lacepède, 1801) Juveniles. Pak. J. Biol. Sci., 21 (4): 171-178.
2. **Azrita, Aryani N, Mardiah, A, Syandri H, 2021;** Growth, production and feed conversion performance of the gurami sago (*Osphronemus goramy* Lacepède, 1801) strain in different aquaculture systems. F1000 Research. 9:161.
3. **Azrita, 2020.** Gurami Sago (*Osphronemus goramy* Lac) : Komoditi Unggulan Perikanan Air Tawar Untuk Pangan dan Ikan Hias . Penerbit LPPM Universitas Bung Hatta. 163 hal.
4. **Azrita, Syandri H, Aryani N, 2022.** Reproductive characteristics of the giant gurami sago strain (*Osphronemus goramy* Lacepède, 1801): basic knowledge for a future hatchery development strategy. F1000 Research. 10:922.
5. **FAO, 2016.**The State of World Fisheries and Aquaculture 2016.Contributing to food security and nutrition for all [online]. Rome. 200 pp.
6. **FAO, 2017.** Aquaculture Regional Reviews. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 8 February 2017
7. **Azrita, N. Aryani, A.Mardiah, H. Syandri, 2020.** Growth, production and feed conversion performance of the gurami sago (*Osphronemus goramy* Lacepède, 1801) strain in different aquaculture systems. F1000Research 2020, 9:161.
8. **Kibria, A. S. M., & Haque, M. M, 2018.** Potentials of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in freshwater ponds in Bangladesh. Aquaculture Reports, 11, 8-16.
9. **Rosa, J., Lemos, M. F. L., Crespo, D., Nunes, M., Freitas, A., Ramos, F., ... Leston, S. 2019.** Integrated multitrophic aquaculture systems - Potential risks for food safety. Trends in Food Science & Technology

10. **Opiyo, M. A., Marijani, E., Muendo, P., et al.: 2018.** A review of aquaculture production and health management practices of farmed fish in Kenya. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 6 (2): 141-148.
11. **Kabir, K. A., Verdegem, M. C. J., Verreth, J. A. J., Phillips, M. J., & Schrama, J. W. 2019.** Effect of dietary protein to energy ratio, stocking density and feeding level on performance of Nile tilapia in pond aquaculture. *Aquaculture*, 511, 634200.
12. **Syandri, H, Azrita, A.Mardiah, N. Aryani, 2020.** Effect of Stocking Density on the Performance of Juvenile Gurami Sago (*Osphronemus goramy*) in the Synthetic Sheet Pond. *Pakistan J. Zool.*, vol. 52(2): 717-726. Bowyer et al., 2020;
13. **Hassaan, M. S., Soltan, M. A., Mohammady, E. Y., Elashry, M. A., El-Haroun, E. R., & Davies, S. J. 2018.** Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. *Aquaculture*, 495, 592-601.
14. **Mamaug, R.E.P, J. A. Ragazae, T. Nacionales, 2019.** Fish performance, nutrient digestibilities, and hepatic and intestinal morphologies in grouper *Epinephelus fuscoguttatus* fed fermented copra meal. *Aquaculture Reports* 14, 100202.
15. **Thongprajukaew, K., Rodjaroen, S., Yoonram, K., Sornthong, P., Hutcha, N., Tantikitti, C., & Kovitvadhi, U. 2015.** Effects of dietary modified palm kernel meal on growth, feed utilization, radical scavenging activity, carcass composition and muscle quality in sex reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 439, 45-52.
16. **Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Strugnell, J. M. 2019.** The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, 1(3), 316-329.

17. **Davidson, J., Barrows, F. T., Kenney, P. B., Good, C., Schroyer, K., & Summerfelt, S. T. 2016.** Effects of feeding a fishmeal-free versus a fishmeal-based diet on post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* performance, water quality, and waste production in recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 74, 38-51.
18. **Li, C., Zhang, B., Zhou, H., Wang, X., Pi, X., Wang, X., ... He, G. 2019.** Beneficial influences of dietary *Aspergillus awamori* fermented soybean meal on oxidative homeostasis and inflammatory response in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 8-16.
19. **Ringø, E. 2020.** Probiotics in shellfish aquaculture. *Aquaculture and Fisheries*. 5(1): 1-27.
20. **Sharawy, Z., Goda, A. M. A.-S., & Hassaan, M. S. 2016.** Partial or total replacement of fish meal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Postlarvae. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 90-99.
21. **Hasimuna, O.J, Maulu, S, Monde, C, et al. 2019.** Cage aquaculture production in Zambia: Assessment of opportunities and challenges on Lake Kariba, Siavonga district. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45: 281-285. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.06.007>
22. **Kim, K., Park, Y., Je, H.-W., Seong, M., Damusaru, J. H., Kim, S., ... Bai, S. C. 2019.** Tuna byproducts as a fish-meal in tilapia aquaculture. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 172, 364-372.
23. **Kokou F and E. Fountoulaki, 2018.** Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. *Aquaculture* 495: 295-310.
24. **Mahmoud A.O. Dawood Shunsuke Koshio, 2019.** Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(2): 987-1002.

25. **Dawood, M. A. O., Eweedah, N. M., Khalafalla, M. M., Khalid, A., Asely, A. E., Fadl, S. E., Ahmed, H. A. 2020.** *Saccharomyces cerevisiae* increases the acceptability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to date palm seed meal. *Aquaculture Reports*, 17, 100314.
26. **Rosales, M., Castillo, S., Pohlenz, C., & Gatlin, D. M. 2017.** Evaluation of dried yeast and threonine fermentation biomass as partial fish meal replacements in the diet of red drum *Sciaenops ocellatus*. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 190-197
27. **Mthethwa, N. P., Nasr, M., Bux, F., & Kumari, S. 2018.** Utilization of *Pistia stratiotes* (aquatic weed) for fermentative biohydrogen: Electron-equivalent balance, stoichiometry, and cost estimation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(17), 8243-8255.
28. **Mthethwa, N. P., Nasr, M., Kiambi, S. L., Bux, F., & Kumari, S. 2019.** Biohydrogen fermentation from *Pistia stratiotes* (aquatic weed) using mixed and pure bacterial cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(33), 17720-
29. **Hamidoghli, A., Won, S., Farris, N. W., Bae, J., Choi, W., Yun, H., & Bai, S. C. 2020.** Solid state fermented plant protein sources as fish meal replacers in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114474.
30. **Seong, M., Lee, S., Lee, S., Song, Y., Bae, J., Chang, K., & Bai, S. C. 2018.** The effects of different levels of dietary fermented plant-based protein concentrate on growth, hematology and non-specific immune responses in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 483, 196-202.
31. **Hassaan, M. S., Soltan, M. A., & Abdel-Moez, A. M. 2015.** Nutritive value of soybean meal after solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animal Feed Science and Technology*, 201, 89-98.

32. **Aryani N, Azrita, Mardiah A, H. Syandri. 2017.** Influence of feeding rate on the growth, feed efficiency and carcass composition of the Giant gourami (*Osphronemus goramy*). *Pak J Zool.* 49(5): 1775-1781.
33. **Slembrouck, J., Arifin, O. Z., Pouil, S., Subagja, J., Yani, A., Kristanto, A. H., & Legendre, M. 2018.** Gender identification in farmed giant gourami (*Osphronemus goramy*): A methodology for better broodstock management. *Aquaculture*,498:388-395.
34. **Pouil S, Samsudin R, Slembrouck J, et al. 2019.** Nutrient budgets in a small-scale freshwater fish pond system in Indonesia. *Aquaculture.* 504: 267-274.
35. **Wardono and Prabakusuma, 2016.** Analysis of independently fish feed business in the district Gunungkidul. *J. Kebijakan Sosek KP* 6(1): 75-85.
36. **Syandri H, Elfiondri, Junaidi, Azrita, 2015.** Social Status of the Fish-farmers of Floating-net-cages in Lake Maninjau, Indonesia. *J Aquac Res Development* 2015, 7:1. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000391>
37. **AOAC., 2000.** Official Methods of Analysis. 13th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA.
38. **APHA, 1995.** Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. APHA, New York, USA.
39. **Ghosh. K; A. K. Ray, 2017.** Aquafeed Formulation Using Plant Feedstuffs: Prospective Application of Fish-Gut Microorganisms and Microbial Biotechnology. *Soft Chemistry and Food Fermentation. Handbook of Food Bioengineering*, Pages 109-144.
40. **Setiatio, R.H.B, Widhyastuti, N. 2016.** Reduction of tannin and phytic acid on Sorghum flour by using fermentation of *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Berita Biologi*, 15 (2): 149-157.



41. **Anwar, Y.A.S, Burhanuddin, 2012.** Effect of media composition on activity and character of tannin acyl hydrolase from *Aspergillus niger*. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 10(2): 87-92. <file:///C:/Users/S433FL/Downloads/234-25-304-1-10-20171212.pdf>
42. **Ali, S., & Kaviraj, A. 2018.** Aquatic weed *Ipomoea aquatica* as feed ingredient for rearing Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *The Egyptian Journal of Aquatic* .
43. **Mandal and Chosh, 2018.** Utilization of Fermented Pistia Leaves in the Diet of Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton): Effects on Growth, Digestibility and Whole-Body Composition. *Waste Biomass Valor* 10, 3331–3342 (2019).
44. **Akbar. J., A. Mangalik., S. Fran. 2016.** Application of fermented aquatic weeds in formulated diet of climbing perch (*Anabas testudineus*). *International Journal of Engineering Research & Science*, 2(5) : 240-243.
45. **Saha, S and Ray, A.K. 2011.** Evaluation of Nutritive Value of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Leaf Meal in Compound Diets for Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) Fingerlings after Fermentation with Two Bacterial Strains Isolated from Fish Gut. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 199-207
46. **Gominho-Rosa, M. do C., Rodrigues, A. P. O., Mattioni, B., de Francisco, A., Moraes, G., & Fracalossi, D. M. 2015.** Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture*, 435, 92–99.
47. **Rahman, M. M., Verdegem, M. C. J., Nagelkerke, L. A. J., Wahab, M. A., Milstein, A., & Verreth, J. A. J. 2006.** Growth, production and food preference of rohu *Labeo rohita* (H.) in monoculture and in

- polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L.) under fed and non-fed ponds. *Aquaculture*, 257(1-4), 359–372.
48. **Caruso D., Arifin, Z.O., Subagja, J, et al. 2019.** *Osphronemus goramy*. Cultured Aquatic Species Information Programme. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome.
  49. **Debnath, D., Pal, A. K., Sahu, N. P., Yengkokpam, S., Baruah, K., Choudhury, D., & Venkateshwarlu, G. 2007.** Digestive enzymes and metabolic profile of *Labeo rohita* fingerlings fed diets with different crude protein levels. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 146(1), 107–114.
  50. **Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Krogdahl, Å., & Skrede, A. 2009.** Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*)—Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*, 288(3-4), 305–311.
  51. **Wang, Y., Kong, L.-J., Li, C., & Bureau, D. P. 2006.** Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 261(4), 1307–1313. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.08.045.
  52. **Copatti, C. E., Baldisserotto, B., Souza, C. de F., & Garcia, L. 2019.** Protective effect of high hardness in pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*) under acidic or alkaline pH: Biochemical and haematological variables. *Aquaculture*, 502, 250–257.
  53. **Boyd, C.E, Tucker, C.S, Somridhivej, B. 2016.** Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1): 6-41.
  54. **Townsend, C., Silva, L. V., & Baldisserotto, B. 2003.** Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. *Aquaculture*, 215(1-4), 103–108.

55. Singh, S. K., Tiwari, V. K., Chadha, N. K., Munilkumar, S., Prakash, C., & Pawar, N. A. 2019. Effect of dietary synbiotic supplementation on growth, immune and physiological status of *Labeo rohita* juveniles exposed to low pH stress. *Fish and Shellfish Immunology*, 91:358-368.