

Kusnadi, M.Pd.  
Syarifudin, M.T.  
apt. Sari Prabandari, M.M.  
Dr. Suyono, M.Pi.  
Autri Nur Aziza  
Nazalika Delia Pranata



# **POTENSI TEPUNG MAGGOT DAN TEPUNG CACING TANAH SEBAGAI SUMBER PROTEIN PAKAN IKAN ALTERNATIF**



# Tentang Penulis

Kusnadi, M.Pd

[kusnadi.adi87@gmail.com](mailto:kusnadi.adi87@gmail.com)

Departemen Farmasi, Politeknik Harapan Bersama  
Kimia Food science

Syarifudin, M.T

[masudinsyarif88@gmail.com](mailto:masudinsyarif88@gmail.com)

Departemen Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama  
Teknik Mesin (konversi Energi)

apt.Sari Prabandari, M.M

[sariprabandari.sp@gmail.com](mailto:sariprabandari.sp@gmail.com)

Departemen Farmasi, Politeknik Harapan Bersama, Tegal, Indonesia  
Manajemen Farmasi

Dr. Suyono, M.Pi

[suyono.faperi.ups@gmail.com](mailto:suyono.faperi.ups@gmail.com)

Departemen Perikanan dan Kelautan, Universitas Pancasakti  
Lingkungan Budidaya

Autri Nur Aziza

[Autri.nuraziza@gmail.com](mailto:Autri.nuraziza@gmail.com)

Mahasiswa Farmasi Politeknik Harapan Bersama  
Nazalika Delia Pranata

[delianazalika@gmail.com](mailto:delianazalika@gmail.com)

Mahasiswa Farmasi Politeknik Harapan Bersama

**POTENSI TEPUNG MAGGOT DAN TEPUNG  
CACING TANAH SEBAGAI SUMBER  
PROTEIN PAKAN IKAN ALTERNATIF**

**Kusnadi, M.Pd.  
Syarifudin, M.T.  
apt. Sari Prabandari, M.M.  
Dr. Suyono, M.Pi.  
Autri Nur Aziza  
Nazalika Delia Pranata**



**PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA**

**POTENSI TEPUNG MAGGOT DAN TEPUNG CACING  
TANAH SEBAGAI SUMBER PROTEIN PAKAN IKAN  
ALTERNATIF**

**Penulis** : Kusnadi, M.Pd.  
Syarifudin, M.T.  
apt. Sari Prabandari, M.M.  
Dr. Suyono, M.Pi.  
Autri Nur Aziza  
Nazalika Delia Pranata

**Editor** : Darmawan Edi Winoto, S.Pd., M.Pd.

**Desain Sampul** : Satria Panji Pradana

**Tata Letak** : Siwi Rimayani Oktora

**ISBN** : 978-623-487-367-2

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, NOVEMBER 2022**  
**ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH**  
**NO. 225/JTE/2021**

**Redaksi:**

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari  
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

**All right reserved**

Hak Cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh  
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,  
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman  
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul “POTENSI TEPUNG MAGGOT DAN TEPUNG CACING TANAH SEBAGAI SUMBER PROTEIN PAKAN IKAN ALTERNATIF”. Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

“Monograf : Potensi Tepung Maggot dan Tepung Cacing Sebagai Sumber Protein Pakan Ikan Alternatif” adalah wujud memperkuat diversifikasi potensi lokal guna meningkatkan ketahanan pakan nasional. Buku ini menyajikan hasil pakan ikan alternatif yang tercetak, kandungan asam amino serta aplikasinya dalam budidaya ikan nila. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi aktifitas pembuatan pakan ikan dan budidaya ikan nila.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan buku ini. Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2 KONSEP PAKAN IKAN .....</b>	<b>6</b>
A. Ikan Nila .....	6
B. Pakan Ikan .....	7
C. Cacing Tanah.....	7
D. Maggot .....	8
E. Mesin Ekstruder .....	9
<b>BAB 3 KANDUNGAN PROTEIN DAN ASAM AMINO PADA PAKAN IKAN ALTERNATIF.....</b>	<b>10</b>
A. Konsep Nutrisi Pakan Ikan .....	10
B. Bahan-Bahan.....	12
C. Pembuatan Pakan.....	13
D. Penentuan Proksimat Pakan .....	14
E. Penentuan Profil Asam Amino .....	15
F. Kandungan Proksimat Bahan dan Formula .....	15
G. Profil Asam Amino .....	17
<b>BAB 4 PAKAN ALTERNATIF SEBAGAI SUMBER PROTEIN .....</b>	<b>20</b>
A. Konsep Pemanfaatan Maggot dan Cacing Tanah dalam Budidaya Ikan Nila .....	20
B. Bahan Baku .....	22
C. Pembuatan Pakan Ikan.....	22
D. Penentuan Proksimat dan Mikrobiologi Pakan.....	23
E. Perlakuan Pakan.....	24
F. Pemeliharaan Ikan Budidaya .....	25
G. Faktor Peubah.....	25
H. Penentuan Sifat Fisik Pakan.....	27
I. Hasil Sifat Fisik Pakan .....	28
J. Profil Asam Amino dan Protein Pakan Untuk Budidaya Ikan Nila .....	31

DAFTAR PUSTAKA .....	38
TENTANG PENULIS .....	50

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1.</b> Komposisi (% berat kering) bahan baku di setiap formula .....	13
<b>Tabel 3.2.</b> Komposisi zat gizi (%) pada tepung ikan, tepung maggot, dan tepung cacing tanah.....	15
<b>Tabel 3.3.</b> Komposisi nutrisi (%) dan energi total (kcal.kg <sup>-1</sup> ) .....	16
<b>Tabel 3.4.</b> Profil asam amino esensial dan asam amino non esensial pada masing-masing perlakuan pakan.....	17
<b>Tabel 4.1.</b> Uji Stabilitas, Absorpsi Air, dan Daya Apung pakan ..	28
<b>Tabel 4.2.</b> Profil asam amino esensial dan asam amino non esensial pada masing-masing perlakuan pakan dan pakan komersial .....	32
<b>Tabel 4.3.</b> Replikasi data RGR, SGR, RFC, FE, dan SR <i>Oreochromis niloticus</i> .....	33
<b>Tabel 4.4.</b> Data pengukuran parameter kualitas air pada budidaya ikan nila.....	36



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b>	Laporan Kinerja Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Dan Investasi Deputi Bidang Koordinasi Sumber Daya Maritim tahun 2020.....	2
<b>Gambar 1.2.</b>	Laporan Kinerja Asisten Deputi Pengembangan Perikanan Budidaya Deputi Bidang Koordinasi Sumber Daya Maritim tahun 2020. ....	3
<b>Gambar 2.1.</b>	Siklus atau Daur Hidup Cacing Tanah .....	7
<b>Gambar 2.2.</b>	Siklus atau Daur Hidup Maggot .....	8
<b>Gambar 3.1.</b>	Produk pakan ikan yang mengandung tepung maggot dan tepung cacing tanah .....	14



**MONOGRAF  
POTENSI TEPUNG  
MAGGOT DAN TEPUNG  
CACING TANAH SEBAGAI  
SUMBER PROTEIN PAKAN  
IKAN ALTERNATIF**



# BAB

# 1

# PENDAHULUAN

Berdasarkan Grafik 1.1. mengenai *Roadmap* pembangunan perikanan budidaya di Indonesia, menunjukkan bahwa kebutuhan pakan ikan dan udang terus meningkat dari tahun ke tahun. Kementerian Kelautan dan Perikanan RI Tahun 2019 menjelaskan bahwa sampai akhir periode 2024 menargetkan produksi budidaya untuk ikan mencapai produksi 7.772.724 ton dan produksi udang 1.547.377 ton. Nilai total produksi perikanan ini diperlukan dukungan produksi pakan sampai 12.686.904 ton. Jika kapasitas produksi pada Tahun 2019 saat ini adalah 3.252.485 ton/tahun, maka masih terdapat gap sekitar 9.434.419 ton, atau dengan kata lain proyeksi kenaikan mencapai sekitar 290% untuk memenuhi kebutuhan pakan sampai tahun 2024 (Laporan Kinerja Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, 2020).

Menurut Gabungan Pengusaha Makanan Ternak (GPMT) sampai tahun 2019 pakan untuk budidaya perikanan di Indonesia masih didominasi oleh pakan ikan pabrikan dengan bahan baku terbesar dari bahan impor dengan nilai kandungan mencapai 75%. Bahan baku pakan utama yang saat ini masih impor dalam jumlah besar yakni tepung ikan dan tepung kedelai sebagaimana yang disajikan dalam Tabel 2. Nilai impor pada Tahun 2019 tertinggi adalah sebesar 246.938 ton dengan nilai impor 67,761.924 USD. Tepung ikan dengan volume 99,572 ton dengan nilai impor 34,523,114. Kebutuhan tepung ikan yang tinggi sebagai komponen utama dalam formulasi pakan ikan mengakibatkan ketergantungan tepung ikan impor semakin tinggi. Dalam budidaya perikanan komponen biaya produksi biaya

# BAB 2

# KONSEP PAKAN IKAN

## A. Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah ikan air tawar yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan merupakan ikan budidaya yang menjadi salah satu komoditas ekspor. Departemen Perikanan dan Akuakultur FAO (*Food and Agriculture Organization*) menempatkan ikan nila di urutan ketiga setelah udang dan salmon sebagai contoh sukses perikanan budidaya dunia (Suhermanto et al., 2019). Ikan nila termasuk ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, memiliki kandungan protein tinggi dan keunggulan berkembang dengan cepat. Ikan nila tergolong ke dalam hewan omnivora (pemakan segala/hewan dan tumbuhan) cenderung herbivora. Pada masa pemeliharaan, ikan nila dapat diberi pakan buatan (pelet) yang mengandung protein antara 25%-30% (Nguyen et al., 2020a). Protein merupakan komponen pertama untuk pertumbuhan ikan yaitu sebagai sumber energi dan untuk perbaikan jaringan tubuh yang rusak. Pada masa pemeliharaan tersebut ikan nila sangat responsif terhadap pakan buatan (pelet) baik pelet terapung maupun pelet tenggelam. Pemberian pakan untuk benih ikan nila dilakukan 3-4 kali dalam sehari, yaitu pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Jumlah pakan yang diberikan untuk benih berukuran 5-7 cm adalah sebanyak 4-6% dari total berat tubuh ikan (Rachmawati & Samidjan, 2019).

# BAB 3

## KANDUNGAN PROTEIN DAN ASAM AMINO PADA PAKAN IKAN ALTERNATIF

### A. Konsep Nutrisi Pakan Ikan

Sumber nutrisi utama pakan, baik kualitas maupun kuantitasnya, adalah protein. Protein membantu dalam pertumbuhan dan kinerja makhluk hidup dan sangat penting untuk produksi enzim dan elemen lainnya (Hamid et al., 2016). Protein akan terus disintesis dan didegradasi di dalam tubuh ikan. Asam amino dan nitrogen non spesifik dari sumber makanan diperlukan untuk pemeliharaan dan pertumbuhan tubuh sepanjang hidup (Samad et al., 2022). Kebutuhan protein ikan bervariasi tergantung pada spesies, ukuran, komponen pakan, kualitas protein, dan habitat (Prabu et al., 2020).

Kualitas protein biasanya ditentukan oleh profil asam amino yang dikandungnya, sedangkan jumlah protein ditentukan oleh nilai nitrogen yang dihasilkan oleh ukuran analisis proksimat. Asam amino pada hewan termasuk ikan berada dalam bentuk bebas atau terikat dengan protein (terikat dalam rantai peptida) (Fatima et al., 2021). Asam amino bebas memiliki tiga bentuk utama di mana produk protein pakan dihidrolisis dari penyerapan usus, dan hidrolisis akhir protein tubuh (Science et al., 2022). Asam amino juga dapat digunakan untuk sintesis protein tubuh atau komponen nitrogen lainnya (asam nukleat, amina, peptida, hormon, dan sebagainya), menyediakan sumber karbon untuk metabolisme antara atau dioksidasi untuk menyediakan energy (Wangkahart et al., 2022).

Kualitas protein berkaitan dengan profil asam amino yang dikandungnya. Asam amino diklasifikasikan menurut

# BAB 4

## PAKAN ALTERNATIF SEBAGAI SUMBER PROTEIN

### A. Konsep Pemanfatan Maggot dan Cacing Tanah dalam Budidaya Ikan Nila

Indonesia merupakan produsen ikan nila terbesar kedua di dunia, dengan 6,3 juta ton diproduksi secara global pada tahun 2018. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dibudidayakan secara luas di seluruh dunia (Suhermanto et al 2019). *O. niloticus* dapat beradaptasi dengan lingkungan budidaya, sistem budidaya tradisional, semi atau intensif, memiliki nilai ekonomi tinggi dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi harga pasar, merupakan sumber protein hewani yang signifikan, dan produksinya telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir (Wang & Lu 2016).

Meningkatnya permintaan komoditas *O. niloticus* terkait dengan intensifikasi budidaya, sehingga akan berdampak pada kebutuhan pakan yang merupakan salah satu faktor penghambat pertumbuhan. Biaya kebutuhan pakan untuk ikan budidaya berkisar 60-70% dari total biaya produksi, sehingga diperlukan pengembangan pakan dengan bahan baku lokal yang berkelanjutan, dan menjadi tantangan tersendiri bagi pembudidaya (Hamid et al 2016; Sarker et al 2018). Penyebab utama tingginya harga pakan ikan adalah kenaikan harga bahan baku pakan. Sumber protein utama pakan ikan komersial masih berasal dari bahan baku impor seperti tepung ikan. Selain itu, penggunaan tepung ikan yang berlebihan menyebabkan persediaan sumber daya ikan semakin menipis (Pucher et al 2014). Selain itu, terdapat tekanan yang cukup tinggi terhadap

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeniya O. V., Olaifa F. E., Emikpe B. O., 2020 Effects of dietary Tamarind pulp extract on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and resistance to *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal of Applied Aquaculture* 34(1):1-21.
- Ahmad, I., Ullah, M., Alkafafy, M., Ahmed, N., Mahmoud, S. F., Sohail, K., Ullah, H., Ghoneem, W. M., Ahmed, M. M., & Sayed, S. (2022). Identification of the economics, composition, and supplementation of maggot meal in broiler production. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(6), 103277. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.027>
- Aini, L. N., Ahmad, F., & Saratunsara, H. (2018). Budidaya larva *black soldier fly* (bsf) sebagai bahan pembuatan tepung maggot pada media dedak. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3), 1-4.
- Amandanisa, A; Suryadarma, P. (2020). Kajian nutrisi dan budi daya maggot (*Hermentia illuciens* L.) sebagai alternatif pakan ikan di rt 02 desa purwasari, kecamatan dramaga, kabupaten bogor. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(5), 796-804.
- Aslamyah, S., & Karim, M. Y. (2013). Potensi tepung cacing tanah *lumbricus* sp. sebagai pengganti tepung ikan dalam pakan terhadap kinerja pertumbuhan, komposisi tubuh, kadar glikogen hati dan otot ikan bandeng *Chanos chanos* Forsskal. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(1), 67-76.
- Ayadi F., Rosentrater K. A., Muthukumarappan K., Kannadhasan S., 2016 Effects of amylose-to-amylopectin ratios on binding capacity of ddgs/soy-based aquafeed blends. *Journal of Food Research* 5(5):43.
- Ayadi F. Y., Rosentrater K. A., Muthukumarappan K., Brown M. L., 2012 Twin-screw extrusion processing of distillers dried grains with solubles (ddgs)-based yellow perch (*Perca flavescens*) feeds. *Food and Bioprocess Technology* 5(5):1963-

- Boyd C. E., 1992 Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 318 p.
- Bello, R. S., & Onilude, M. A. (2021). Effects of critical extrusion factors on quality of high-density briquettes produced from sawdust admixture. *Materials Today: Proceedings*, 38, 949–957. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.468>
- Brishti F. S., Chay S. Y., Muhammad K., Ismail-Fitry M. R., Zarei M., Saari N., 2021 Texturized mung bean protein as a sustainable food source: effects of extrusion on its physical, textural and protein quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 67:102591.
- Cahyani, P. M., Maretha, D. E., & Biologi, P. P. (2020). Uji Kandungan protein , karbohidrat dan lemak pada larva maggot (*hermetia illucens*) yang di produksi di kalidoni kota Palembang dan sumbangsuhnya pada materi insecta di Kelas X SMA / MA. *Bioilmi*, 6(2), 120–128.
- Cai, W. C., Jiang, G. Z., Li, X. F., Sun, C. X., Mi, H. F., Liu, S. Q., & Liu, W. B. (2018). Effects of complete fish meal replacement by rice protein concentrate with or without lysine supplement on growth performance, muscle development and flesh quality of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 481–491. <https://doi.org/10.1111/anu.12581>
- Cheng, W., Gao, L., Wu, D., Gao, C., Meng, L., Feng, X., & Tang, X. (2020). Effect of improved extrusion cooking technology on structure, physiochemical and nutritional characteristics of physically modified buckwheat flour: Its potential use as food ingredients. *Lwt*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109872>
- Cummins, V. C., Rawles, S. D., Thompson, K. R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., & Webster, C. D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or



total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337-344.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.022>

de Cruz C. R., Kamarudin M. S., Saad, C. R., Ramezani-Fard E., 2015 Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Animal Feed Science and Technology* 199:137-45.

Dedeke, G., Owa, S., Olurin, K., Akinfe, A., & Awotedu, O. (2013). Partial replacement of fish meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(9), 229-233.  
<https://doi.org/10.5897/IJFA2013.0354>

Djissou A. S. M., Tossavi E. C., Vodounnou J. D, Toguyeni A., Fiogbe E D., 2015 Valorization of agro-alimentary waste for a production of maggots like source of proteins in the animal feeds. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 7(6):42-46.

Djissou A. S. M., Adjahouinou D. C., Koshio S., Fiogbe E. D., 2016a Complete replacement of fish meal by other animal protein sources on growth performance of *Clarias gariepinus* fingerlings. *International Aquatic Research* 8(4):333-341.

Djissou A. S. M., Vodounnou J. V., Tossavi C. E., Toguyeni A., Fiogbe E D., 2016b Complete replacement of fish meal by unconventional proteins sources in diet of *Oreochromis niloticus* (L., 1758) fingerlings: growth performance, feed utilization and body composition. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 4(5):242-47.

Eriegha O. J., Ekokotu P. A., 2017 Factors affecting feed intake in cultured fish species: a review. *Animal Research International* 14(2):2697-2709.

- Erizal E., Lana M., Setyo R., Abbas B., 2016 Sintesis dan karakterisasi hidrogel superabsorben berbasis asam akrilat hasil iradiasi gamma. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi* 11:27-38.
- Ezewudo B. I., Monebi C. O., Ugwumba A. A. A., 2015 Production and utilization of musca domestica maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research* 10(23):2363-2371.
- Fatima, S., Komal, W., Manzoor, F., Latif, A. A., Liaqat, R., Ameen, S., & Janjua, R. S. (2021). Analysis of the growth performance, stress, profile of fatty acids and amino acids and cortisol in *Tilapia (Oreochromis niloticus)*, cultured at high stocking density using in-pond raceway system. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7422-7431. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.048>
- Fauzi, R. U. A., & Sari, E. R. N. (2018). Business analysis of maggot cultivation as a catfish feed alternative. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), 39-46. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.01.5>
- Hamid, S. N. I. N., Abdullah, M. F., Zakaria, Z., Yusof, S. J. H. M., & Abdullah, R. (2016). Formulation of fish feed with optimum protein-bound lysine for african catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *Procedia Engineering*, 148, 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.468>
- Hossain Brishti, F., Chay, S. Y., Muhammad, K., Rashedi Ismail-Fitry, M., Zarei, M., Karthikeyan, S., Caballero-Briones, F., & Saari, N. (2021). Structural and rheological changes of texturized mung bean protein induced by feed moisture during extrusion. *Food Chemistry*, 344, 128643. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128643>
- Jabir M. D. A. R., 2012 Nutritive Potential and Utilization of Super Worm (*Zophobas Morio*) Meal in the Diet of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Juvenile. *African Journal of Biotechnology* 11(24):6592-98.

- Kamarudin M. S., de Cruz C. R., Saad C. R., Romano N., Ramezani-Fard E., 2018 Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology* 236:122–30.
- Katya K., Borsra M. Z. S., Ganesan D., Kuppusamy G., Herriman M., Salter A., Ali S. A., 2017 Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *lates calcarifer* reared in freshwater. *International Aquatic Research* 9(4):303–312.
- Kawamoto, M. S., de Souza, G. B., & de Araujo Nogueira, A. R. (2019). Preparation and evaluation of a new reference material for macro- and micronutrients in fish feed. *Microchemical Journal*, 149, 104027. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104027>
- Khan, S., Naz, S., Sultan, A., Alhidary, I. A., Abdelrahman, M. M., Khan, R. U., Khan, N. A., Khan, M. A., & Ahmad, S. (2016). Worm meal: A potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 72(1), 93–102. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002627>
- Kroeckel, S., Harjes, A. G. E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364–365, 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>
- Kusnadi, Riyanta, A. B., & Febriyanti, R. (2022). The effect of chitosan addition on physicochemical properties, proximate and antioxidant of functional drinks of red and purple roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012001>

- Li X., Rahimnejad S., Wang L., Lu K., Song K., Zhang C., 2019a Substituting fish meal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in diets for Bullfrog rana (*Lithobates catesbeiana*): effects on growth, digestive enzymes activity, antioxidant capacity and gut health. *Aquaculture* 499:295-305.
- Li X., Wu X., Dong Y., Gao Y., Yao W., Zhou Z., 2019b Effects of dietary lysine levels on growth, feed utilization and related gene expression of juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂). *Aquaculture* 502:153-61.
- Li, L., Liu, X., Wang, Y., Huang, Y., & Wang, C. (2022). Effects of alternate feeding between fish meal and novel protein diets on the intestinal health of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Reports*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101023>
- Mada, U. G., Mada, U. G., & Food, I. (2022). Analysis of amino acids in food using High Performance Liquid Chromatography with derivatization techniques : a review. 6, 435-442.
- Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., Siqueira, J. C. de, Bomfim, M. A. D., Silva, J. C., Sousa, T. J. R. de, Nascimento, D. C. N. do, & Sousa, M. da C. (2020). Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. *Aquaculture Reports*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100482>
- María R. A., Aida G., Myriam G., Nora M., Arminda M., 2022 Determination of uncertainty in the measurement of aflatoxins b1 in Pistachio nuts by the HPLC-FLD method. *Journal of Chromatography Open* 2:1-6.
- McLean, E., Alfrey, K. B., Gatlin, D. M., Gibson Gaylord, T., & Barrows, F. T. (2022). Muscle amino acid profiles of eleven species of aquacultured animals and their potential value in feed formulation. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.04.010>

- Misra C. K., Sahu N. P., Jain K. K., 2002 Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, water absorption and physical response of *Macrobrachium Rosenbergii*." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15(9):1354-58.
- Mooijman K. A., Pielaat A., Kuijpers A. F. A., 2019 Validation of EN ISO 6579-1 - microbiology of the food chain - horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella - part 1 detection of *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology* 288:3-12.
- Musyoka, S. N., Liti, D. M., Ogello, E., & Waidbacher, H. (2019). Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. *Aquaculture Research*, 50(9), 2301-2315. <https://doi.org/10.1111/are.14091>
- Ngugi, C. C., Oyoo-Okoth, E., Manyala, J. O., Fitzsimmons, K., & Kimotho, A. (2017). Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds. *Aquaculture Reports*, 5, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.003>
- Nguyen L., Dinh H., Davis D. A., 2020a Efficacy of reduced protein diets and the effects of indispensable amino acid supplements for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Animal Feed Science and Technology* 268:114593.
- Nguyen L., Salem S. M. R., Salze G. P., Dinh H., Davis D. A., 2020b Optimizing amino acid balance in diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 515:734566.
- Nik Sin, N. N., Mustafa, S., Suyono, & Shapawi, R. (2021). Efficient utilization of poultry by-product meal-based diets when fed to giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. In *Journal of Applied Aquaculture*, 33 (1), 53-72). <https://doi.org/10.1080/10454438.2019.1709599>

- Nunes, A. J. P., Sá, M. V. C., Browdy, C. L., & Vazquez-Anon, M. (2014). Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture*, 431, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.003>
- Obirikorang K. A., Yeboah E. A., Gyampoh B. A., Amanie-Adjei S. K., 2022 Effect of road conditions on physiological stress responses and post-transportation growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture* 34(1):180–196.
- Paolucci M., Fabbrocini A., Maria Grazia, Varricchio E., Cocci E., 2012. Development of biopolymers as binders for feed for farmed aquatic organisms. *Aquaculture* 3–35.
- Park H. H., 2016 Black soldier fly larvae manual. Student Showcase, University of Massachusetts Amherst 14:1–13.
- Parolini, M., Ganzaroli, A., & Bacenetti, J. (2020). Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: Current applications and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 734, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139460>
- Pöppel A. K., Vogel H., Wiesner J., Vilcinskis A., 2015 Antimicrobial peptides expressed in medicinal maggots of the Blow fly *Lucilia sericata* show combinatorial activity against bacteria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 59(5):2508–2514.
- Prabu, D. L., Ebenezer, S., Chandrasekar, S., Tejpal, C. S., Kavitha, M., Sayooj, P., & Vijayagopal, P. (2020). Influence of graded level of dietary protein with equated level of limiting amino acids on growth, feed utilization, body indices and nutritive profile of snubnose pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801) reared in low saline water. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114685. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114685>
- Prangnell D. I., Castro L. F., Ali A. S., Browdy C. L., Samocha T. M., 2022 The performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed

commercial diets of differing protein content, in a super-intensive biofloc-dominated system. *Journal of Applied Aquaculture* 34(1):1-22.

Pucher, J., Ngoc, T. N., Thihanhyen, T., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M., & Focken, U. (2014). Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural northern Vietnam. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14(2), 557-565. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14\\_2\\_27](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_2_27)

Rachmawati, D. (2013). The Effect of Substitution of Fish Meal with Maggot Meal in Artificial Feed for Growth And Survival Rate of Catfish). *Jurnal Saintek Perikanan*, 9(1), 62-67-67. <https://doi.org/10.14710/ijfst.9.1.62-67>

Rachmawati, D., & Nurhayati, D. (2022). Effect of fish meal replacement with earthworm and maggot meals on feed utilization and growth of banana shrimp (*Penaeus merguensis*). *AAFL Bioflux*, 15(3), 1470-1478.

Rachmawati, D., & Samidjan, I. (2019). The effects of chicken feather silage substitution for fish meal in the diet on growth of saline tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 246(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012015>

Samad, S. O., Anwar, A. Y., Hassaan, M. S., Ehab, R. E. H., & Simon, J. D. (2022). Preliminary assessment of a novel fermented wheat protein concentrate from a bio-distillation source as a dietary ingredient contribution for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 24, 101101. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101101>

Samuelson, T. A., Haustveit, G., & Kousoulaki, K. (2022). The use of tunicate (*Ciona intestinalis*) as a sustainable protein source in fish feed - Effects on the extrusion process, physical pellet quality and microstructure. *Animal Feed Science and Technology*, 284, 115193. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115193>

- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., Bae, A. Y., Donaldson, E., Sitek, A. J., Fitzgerald, D. S., & Edelson, O. F. (2018). Towards sustainable aquafeeds: Evaluating substitution of fishmeal with lipid-extracted microalgal co-product (*nannochloropsis oculata*) in diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *PLoS ONE*, 13(7), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201315>
- Selvam R., Saravanakumar M., Suresh S., Chandrasekaran C. V., Prashanth D., 2018 Evaluation of polyherbal formulation and synthetic choline chloride on choline deficiency model in broilers: implications on zootechnical parameters, serum biochemistry and liver histopathology. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31(11):1795–1806.
- Silva V. C. D., Adorian T. J., Goulart F. R., Lovatto N. D. M., Bender A. B. B., Speroni C. S., Silva L. P. D., 2022 Rice ethanol distillery residue as a protein source in the diet of Silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Journal of Applied Aquaculture* 34(1):97–111.
- Suhermanto, A., Sukenda, S., Zairin, M., Lusastuti, A. M., & Nuryati, S. (2019). Characterization of streptococcus agalactiae bacterium isolated from tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in Indonesia. *AACL Bioflux*, 12(3), 756–766.
- Sun, J., Zhou, W., Yan, L., Huang, D., & Lin, L. ya. (2018). Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control. *Journal of Food Engineering*, 220, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.028>
- Tanaka, R., Miyamoto, H., Inoue, S. I., Shigeta, K., Kondo, M., Ito, T., Kodama, H., Miyamoto, H., & Matsushita, T. (2016). Thermophile-fermented compost as a fish feed additive modulates lipid peroxidation and free amino acid contents in the muscle of the carp, *Cyprinus carpio*. In *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 121 (5), 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.10.006>



- Taris, M. R., Santoso, L., & Harpeni, E. (2018). Pengaruh substitusi tepung ikan dengan tepung cacing tanah (*lumbricus sp.*) terhadap pertumbuhan benur udang windu (*Penaeus monodon*). E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan, 6(2), 699. <https://doi.org/10.23960/jrtbp.v6i2.p699-704>
- Valachova I., Prochazka E., Bohova J., Novak P., Takac P., Majtan J., 2014 Antibacterial properties of lucifensin in *Lucilia sericata* maggots after septic injury. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 4(5):358–361.
- Wang, G., Wang, L., Ma, F., Yang, D., & You, Y. (2021). Earthworm and Arbuscular Mycorrhiza Interactions: Strategies to Motivate Antioxidant Responses and Improve Soil Functionality." Environmental Pollution 272: 115980. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115980>. and arbuscu. Environmental Pollution, 272, 115980. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115980>
- Wang, M., & Lu, M. (2016). Tilapia polyculture: a global review. Aquaculture Research, 47(8), 2363–2374. <https://doi.org/10.1111/are.12708>
- Wangkahart, E., Kersanté, P., Lee, P. T., Sanbut, O., Nontasan, S., & Chantiratikul, A. (2022). Effect of Kera-Stim®50, a feed additive containing free amino acid mix on growth, antioxidant and immune responses, digestive enzymes, and fatty acid composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 551. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737874>
- Wu Y. Y, Dai Y. J., Xiao K., Wang X., Wang M. M., Huang Y. Y., Guo H. X., Li X. F., Jiang G. Z., Liu W. B., 2022 Effects of different dietary ratio lysine and arginine on growth, muscle fiber development and meat quality of *Megalobrama amblycephala*. Aquaculture Reports 26:1-9.

- Yulianto T., 2018 Uji stabilitas, daya apung dan warna serta aroma pada pelet yang berbeda. *Dinamika Maritim* 6(2):5-8.
- Zhao, C. J., Schieber, A., & Gänzle, M. G. (2016). Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations – A review. *Food Research International*, 89, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.042>
- Zhang, G., Ni, C., Ding, Y., Zhou, H., Caizhi, O., Wang, Q., Wang, J., & Cheng, J. (2020). Effects of Low Moisture Extrusion on the Structural and Physicochemical Properties of Adlay (*Coix lacryma-jobi* L.) Starch-Based Polymers. *Process Biochemistry*, 96, 30-37.

## TENTANG PENULIS

Kusnadi, M.Pd  
kusnadi.adi87@gmail.com  
Departemen Farmasi, Politeknik Harapan Bersama  
Kimia dan Food science

Google Cendekia

Syarifudin, M.T  
masudinsyarif88@gmail.com  
Departemen Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama  
Teknik Mesin (konversi Energi)

Google Cendekia

apt.Sari Prabandari, M.M  
sariprabandari.sp@gmail.com  
Departemen Farmasi, Politeknik Harapan Bersama, Tegal,  
Indonesia  
Manajemen Farmasi

Google Cendekia

Dr. Suyono, M.Pi  
suyono.faperi.ups@gmail.com  
Departemen Perikanan dan Kelautan, Universitas Pancasakti  
Lingkungan budidaya, manajemen sumber daya pantai

Google Cendekia

Autri Nur Aziza  
Autri.nuraziza@gmail.com  
Mahasiswa Farmasi Politeknik Harapan Bersama  
Nazalika Delia Pranata  
delianazalika@gmail.com  
Mahasiswa Farmasi Politeknik Harapan Bersama