

Waode Munaeni | Gamal M. Samadan | Muhammad Nur Findra  
Anne Rumondang | Nursanti Abdullah | Muhammad Nur  
Eko Rini Farastuti | Muh Amri Yusuf | Disnawati | Inem Ode  
Teuku Fadlon Haser | Mohammad Faizal Ulkhaq



# FISIOLOGI HEWAN AKUATIK

Editor :  
Dian Novita Sari  
Aprelia Martina Tomaso

# FISIOLOGI HEWAN AKUATIK

Fisiologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang mekanisme makhluk hidup dari dasar fungsi sel tingkat ionik sampai molekuler hingga perilaku tubuh dan pengaruh lingkungan luar tubuh. Fisiologi hewan akuatik juga mempelajari kajian yang sama hanya saja objek kajiannya ke hewan-hewan akuatik yaitu ikan dan lainnya. Hal ini sangat berbeda dengan hewan darat karena habitat hewan akuatik berbeda dengan hewan darat sehingga mekanisme yang berlangsung di dalam tubuh dan perilakunya akan berbeda. Pemahaman proses fisiologi hewan akuatik sangat dibutuhkan dan membantu pihak-pihak yang berhubungan dengan sektor perikanan untuk dapat mencari ide, merancang penelitian dan mengembangkan perikanan budidaya ikan seperti pengetahuan tentang proses adaptasi, pencernaan, endokrin & hormon serta reproduksi. Pembahasan disajikan secara ilmiah berdasarkan hasil-hasil penelitian dan didukung dengan referensi yang relevan sehingga dapat digunakan oleh para akademisi dan mahasiswa.



**eureka**  
media aksara  
Anggota IKAPI  
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992  
eurekamediaaksara@gmail.com  
Jl. Banjaran RT.20 RW.10  
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-028-0



9 786231 200280

# FISIOLOGI HEWAN AKUATIK

Waode Munaeni  
Gamal M. Samadan  
Muhammad Nur Findra  
Anne Rumondang  
Nursanti Abdullah  
Muhammad Nur  
Eko Rini Farastuti  
Muh Amri Yusuf  
Disnawati  
Inem Ode  
Teuku Fadlon Haser  
Mohammad Faizal Ulkhaq



**eureka**  
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

## FISIOLOGI HEWAN AKUATIK

**Penulis** : Waode Munaeni  
Gamal M. Samadan  
Muhammad Nur Findra  
Anne Rumondang  
Nursanti Abdullah  
Muhammad Nur  
Eko Rini Farastuti  
Muh Amri Yusuf  
Disnawati  
Inem Ode  
Teuku Fadlon Haser  
Mohammad Faizal Ulkhaq

**Editor** : Dian Novita Sari  
Aprelia Martina Tomaso

**Desain Sampul** : Ardyan Arya Hayuwaskita

**Tata Letak** : Rizki Rose Mardiana

**ISBN** : 978-623-120-028-0

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, DESEMBER 2023**  
**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 : eurekaediaaksara@gmail.com  
Cetakan Pertama : 2023

### **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 dan syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan buku yang berjudul **“Fisiologi Hewan Akuatik”** dapat diselesaikan. Buku ini terdiri dari 12 BAB yang mengulas tentang semua proses sistem fisiologi di dalam tubuh hewan akuatik (ikan dan lainnya). Dimulai dengan sistem pencernaan, pernapasan, reproduksi, sirkulasi, saraf, endokrin & hormon, ekskresi, osmoregulasi, reseptor & efektor, termoregulasi hingga struktur sel serta fungsinya. Semoga dengan adanya buku ini dapat membantu para pembaca dalam mempelajarinya. Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Ternate, Oktober 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB 1 KONSEP DASAR FISILOGI HEWAN</b>	
<b>AKUATIK.....</b>	<b>1</b>
A. Sistem Pencernaan .....	3
B. Sistem Pernapasan .....	6
C. Sistem Reproduksi .....	7
D. Sistem Sirkulasi .....	7
E. Sistem Saraf .....	8
F. Sistem Endokrin.....	9
G. Sistem Ekskresi.....	10
H. Osmoregulasi .....	11
I. Reseptor dan Efektor .....	13
J. Termoregulasi .....	14
K. Struktur dan Fungsi Sel.....	15
<b>BAB 2 SISTEM PENCERNAAN IKAN .....</b>	<b>18</b>
A. Anatomi Sistem Pencernaan Ikan.....	18
B. Proses Pencernaan pada Ikan .....	22
C. Pengaruh Faktor Lingkungan pada Sistem Pencernaan Ikan.....	28
D. Adaptasi Sistem Pencernaan pada Jenis-jenis Ikan.....	32
E. Penutup.....	36
<b>BAB 3 SISTEM PERNAPASAN .....</b>	<b>38</b>
A. Organ Pernapasan.....	38
B. Mekanisme Pertukaran Gas .....	43
C. Tingkat Konsumsi Oksigen.....	50
D. Kebutuhan Oksigen dan Implikasinya Terhadap Pengelolaan Sumber Daya Perairan.....	52
<b>BAB 4 SISTEM REPRODUKSI .....</b>	<b>54</b>
A. Reproduksi .....	54
B. Seksualitas Ikan.....	62
C. Pemijahan Ikan.....	65

<b>BAB 5</b>	<b>SISTEM SIRKULASI.....</b>	<b>70</b>
	A. Sistem Sirkulasi Organisme Akuatik.....	70
	B. Darah Organisme Akuatik.....	77
	C. Darah Organisme Akuatik dan Bagian-bagiannya .....	77
	D. Karakteristik Darah .....	87
	E. Pembuluh Darah.....	89
	F. Sistem Kardiovaskular .....	92
<b>BAB 6</b>	<b>SISTEM SARAF .....</b>	<b>96</b>
	A. Pendahuluan.....	96
	B. Otak .....	97
	C. Ukuran Otak .....	103
	D. Saraf <i>Cranial</i> .....	106
	E. <i>Spinal Cord</i> dan Saraf Spinal .....	108
<b>BAB 7</b>	<b>SISTEM ENDOKRIN DAN HORMON .....</b>	<b>110</b>
	A. Kelenjar Endokrin.....	111
	B. Hormon Vertebrata .....	114
	C. Sintesis Hormon .....	117
	D. Sekresi Hormon dan Mekanismenya.....	118
	E. Kerja Hormon .....	121
<b>BAB 8</b>	<b>SISTEM EKSKRESI.....</b>	<b>124</b>
	A. Pendahuluan.....	124
	B. Struktur dan Komponen Sistem Ekskresi pada Hewan Akuatik .....	126
	C. Proses Ekskresi pada Hewan Akuatik.....	131
	D. Adaptasi pada Hewan Akuatik.....	132
	E. Tantangan dan Ancaman.....	134
	F. Studi Kasus: Sistem Ekskresi pada Ikan Salmon ..	136
	G. Perbedaan dalam Osmoregulasi dan Ekskresi .....	140
	H. Penutup .....	141
<b>BAB 9</b>	<b>OSMOREGULASI .....</b>	<b>143</b>
	A. Pengertian Osmoregulasi.....	143
	B. Mekanisme Osmoregulasi .....	144
	C. Organ yang Berperan dalam Osmoregulasi.....	155
	D. Pengaruh Hormon pada Osmoregulasi.....	157
<b>BAB 10</b>	<b>RESEPTOR DAN EFEKTOR.....</b>	<b>159</b>
	A. Reseptor.....	159

	B. Efektor.....	172
<b>BAB 11</b>	<b>TERMOREGULASI .....</b>	<b>177</b>
	A. Pengertian Termoregulasi.....	177
	B. Gangguan Termoregulasi pada Hewan Air .....	179
	C. Mekanisme Termoregulasi pada Hewan Air .....	180
	D. Adaptasi Suhu Air dan Tubuh.....	181
	E. Penggunaan Energi Tubuh .....	183
	F. Pengaturan Termoregulasi Secara Fisiologi .....	184
	G. Mekanisme Kerja Syaraf dan Hormon dalam Mengatur Suhu .....	186
<b>BAB 12</b>	<b>STUKTUR SEL DAN FUNGSINYA .....</b>	<b>189</b>
	A. Membran Plasma .....	190
	B. Inti Sel ( <i>Nucleus</i> ).....	193
	C. Mitokondria.....	203
	D. Retikulum Endoplasma.....	204
	E. Ribosom .....	205
	F. Badan Golgi.....	207
	G. Peroxisom .....	208
	H. Lisosom.....	210
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>212</b>
	<b>TENTANG PENULIS.....</b>	<b>233</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Konsumsi Oksigen Beberapa Jenis Ikan.....	51
Tabel 3. 2	Konsumsi Oksigen Ikan Uceng dengan Padat Tebar Berbeda pada Kondisi Normoksia (Oksigen Terlarut di atas 5 mg/L) .....	52
Tabel 8. 1	Struktur dan Komponen Sistem Ekskresi pada Hewan Akuatik .....	127
Tabel 9. 1	Ringkasan Absorpsi dan Ekskresi Ion Utama dan Air pada Ikan Air Laut dan Ikan Air Tawar untuk Mempertahankan Homeostasis dan Keseimbangan Air.....	149
Tabel 12. 1	Sub Unit Penyusun Ribosom .....	206

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Representasi Berbagai Jenis Sistem Pencernaan pada Ikan Laut.....	5
Gambar 2. 1	Diagram System Pencernaan Ikan; Rainbow Trout (Karnivora) (a), Catfish (Omnivora, Pemakan Daging) (b), Carp (Omnivora, Pemakan Tumbuhan) (c), dan Milkfish (Omnivora, Microphagus Planktivore) (d) .....	20
Gambar 2. 2	Aktivitas Enzim Awalnya Meningkatkan dengan Suhu Sampai Struktur Enzim Terungkap (Denaturasi), yang Mengarah ke Laju Reaksi yang Optimal pada Suhu Menengah.....	29
Gambar 3. 1	Insang Luar pada Larva Ikan <i>Paramisgurnus dabryanus</i> .....	39
Gambar 3. 2	Organ Labirin pada Ikan Betok <i>Anabas testudineus</i> .....	41
Gambar 3. 3	Organ Arboresen pada Ikan <i>Clarias monsebulai</i> .....	41
Gambar 3. 4	Insang pada Lobster Air Tawar <i>Procambarus clarkii</i> (a) dan Siput <i>Pomacea canaliculata</i> (b) .....	42
Gambar 3. 5	Inhalant Siphon (a) dan Exhalant Siphon (b) pada Kima <i>Hippopus hippopus</i> .....	49
Gambar 4. 1	Morfologi Seksualitas Primer Ikan Nilem Jantan (a) dan Betina (b) .....	55
Gambar 4. 2	Morfologi Seksualitas Primer Ikan Molly Jantan (Kiri) dan Betina (Kanan).....	55
Gambar 4. 3	Gambaran Gonad Ikan Betok Jantan (Atas) dan Betina (Bawah) .....	57
Gambar 4. 4	Teknik Stripping Ikan Mas Jantan (Kiri) dan Betina (Kanan) .....	57
Gambar 4. 5	Teknik Kanulasi dengan Selang Kateter pada Ikan Kerapu Lumpur .....	58
Gambar 4. 6	Strategi Reproduksi pada Ikan.....	60

Gambar 4. 7	Organ Reproduksi Tambahan Berupa Clasper pada Hiu Jantan (Kiri) dan Tidak Ditemukan pada Ikan Betina (Kanan).....	61
Gambar 4. 8	Organ Reproduksi Tambahan Berupa Clasper pada Pari Jantan (a) dan Tidak Ditemukan di Pari Betina (b).....	62
Gambar 4. 9	Morfologi Gonad Hermaprodit Sinkroni.....	63
Gambar 4. 10	Gonad Hermaprodit Protandri Jantan (a), Transisi (b), dan Betina (c).....	64
Gambar 4. 11	Tahapan Pemijahan Buatan pada Ikan Lele .....	68
Gambar 4. 12	Proses Fertilisasi Ikan .....	68
Gambar 4. 13	Proses Perkembangan Telur Ikan Lele Dumbo....	69
Gambar 5. 1	Biologi Protozoa.....	71
Gambar 5. 2	Porifera .....	72
Gambar 5. 3	Morfologi Hydra.....	73
Gambar 5. 4	Anatomi Mollusca.....	74
Gambar 5. 5	Presentasi skematis dari sistem vaskular hemolymph pada <i>Procamburus fallax f. virginalis</i> . AAO: aorta anterior; ala: arteri lateral anterior; aob: bohlam aorta; arb: cabang antena-ginjal (oranye); BA: arteri otak; CDA: arteri kaudal yang merupakan bagian posterior pembuluh ventral sub-saraf; CHPA: arteri hati jantung; DSCA: arteri turun; GiB: cabang gastro-intestinal ALA; lb: cabang lateral ALA; MAF: pembentukan material; MDB: cabang mandibula yang berasal anterior dari sta; MXA3: arteri maxilliped ke-3; lab: cabang okulo-antennular (merah muda); oa - arteri optik; os: tiga pasang Ostia; Pao: aorta posterior; PGA1: arteri lambung posterior1 berasal dari arteri hati aksesori (kuning); PLA3: Arteri lateral posterior ke-3, PLP1: arteri pleopoda ke-1; RGB: cabang rostro-gastral (ungu); sta: arteri sternum yang merupakan bagian anterior pembuluh ventral	

	sub-saraf; PPA2: arteri pereiopodal; ta: arteri telsonal; UPD: arteri uropoda .....	75
Gambar 5. 6	Sistem Peredaran Darah Tertutup .....	77
Gambar 5. 7	Foto Sel Di Limpa (a) dan Ginjal (b) yang Mengandung Partikel Virus dari Ikan yang Terinfeksi Secara Artifisial.....	81
Gambar 5. 8	Morfologi Eritrosit Ikan Lele Dumb Normal (Perbesaran 1000×). Keterangan: a) Inti sel, b) sitoplasma, dan c) membran sel.....	82
Gambar 5. 9	Sel-sel Darah Putih (Leucocyt) .....	83
Gambar 5. 10	Bentuk bentuk trombosit: 1. Trombosit megakarioblast. 2. Trobosit promegakariosit. 3. Trobosit megakariosit 4. Trombosit platelet .....	87
Gambar 5. 11	Bentuk dan ukuran sel darah merah dari 15 spesies ikan bertulang yang dikumpulkan di lapangan. Pewarnaan: MGGW. Skala bar = 5 µm. <i>Bujurquina vittata</i> (a), <i>Cichlasoma dimerus</i> (b), <i>Hypostomus boulengeri</i> (c), <i>Prochilodus lineatus</i> (d), <i>Astyanax lineatus</i> (e), <i>Poecilia reticulate</i> (f), <i>Metynnis maculatus</i> (g), <i>Synbranchus marmoratus</i> (h), <i>Piaractus mesopotamicus</i> (i), <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (j), <i>Pygocentrus nattereri</i> (k), <i>Brycon hilarii</i> (l), <i>Rhamdia quelen</i> (m), <i>Gymnotus inaequilabiatus</i> (n) dan <i>Hyphessobrycon anisitsi</i> (o).....	88
Gambar 5. 12	Representasi skematis pembuluh darah arteri dan vena utama pada ikan teleost. Singkatan: ABA, arteri branchial aferen; ACV, vena kardinal anterior; CdA, arteri kaudal; CdV, vena ekor; CMA, arteri celiacomesenteric; CrA, arteri karotis; DA, aorta dorsal; DC, Saluran Cuvier; EBA, arteri branchial eferen; Pergi, gonad; Gu, usus; H, hati; HPV, vena portal hati; HV, vena hati; JV, vena jugularis; K, ginjal; L, hati; LCV, vena kulit lateral; PCV,	

	vena kardinal posterior; ReA, arteri ginjal; S, limpa; SCA, arteri subklavia; SCV, vena subklavia; VA, aorta ventral. *: pembuluh berpasangan bilateral, hanya satu pembuluh yang ditunjukkan pada gambar ..... 90	90
Gambar 5. 13	Representasi skematis dari bagian longitudinal jantung ikan teleost, menunjukkan empat ruang secara seri (sinus venosus, atrium, ventrikel, dan arteriosus bulat). Panah mewakili arah aliran darah melalui jantung ..... 93	93
Gambar 6. 1	Daerah Otak pada Ikan dan Vertebrata Lainnya ..... 98	98
Gambar 6. 2	Bagian melintang dari telencephalon: di elasmobranch Scyliorhinus (kiri atas) dibandingkan dengan berbagai ikan bertulang yang menunjukkan atap tipis pada yang terakhir..... 100	100
Gambar 6. 3	Ukuran Relatif Berbagai Daerah Otak pada Ikan ..... 104	104
Gambar 6. 4	Tampak Lateral dan Dorsal Otak Hiu dan Pari dengan Kebiasaan yang Berbeda..... 105	105
Gambar 6. 5	Perubahan Penting dalam Ukuran Otak Relatif dari Embrio Oviducal menjadi Dewasa Latimeria ..... 106	106
Gambar 6. 6	Topografi secara umum otak ikan. Keterangan: I. Olfactory nerve; II. Optic nerve; III. Oculamotor nerve; IV. Trochlear nerve; V. Trigeminal nerve; VI. Abducens nerve; VII. Facial nerve; 1-6. Octavus nerve; VIIIa. Anterior ramus; VIIIp. Posterior ramus; ALLN. Anterior lateral line nerve; PLLN. Posterior lateral line nerve; IX. Glossopharyngeal nerve; X. Vagal nerve; C. Cerebellum; D. Diencephalon; R.	

	Rhombocephalon; T. Telencephalon; TE. Tectum mesencephali.....	108
Gambar 7. 1	Sistem Endokrin pada Ikan.....	111
Gambar 7. 2	Kelenjar pituitari pada ikan.....	115
Gambar 7. 3	Kelenjar hipofisis ikan dan produksi gonadotropin .....	115
Gambar 7. 4	Sekresi Hormon Estrogen Pada Ikan.....	121
Gambar 7. 5	Cara Kerja Hormon dan Reseptor .....	123
Gambar 8. 1	Sistem Ekskresi pada Ikan Air Tawar (Atas) dan Air Laut (Bawah) .....	126
Gambar 9. 1	Aliran Ion-Ion Elektrolit Pada Ikan Air Laut.....	147
Gambar 9. 2	Aliran Ion-Ion Elektrolit pada Ikan Air Tawar...	153
Gambar 10. 1	Letak organ listrik beberapa jenis ikan elephantnose fish (a), pari torpedo (skates) (b), gymnotus (c), belut listrik (d), stargazers (e) dan electric catfish (f) .....	161
Gambar 10. 2	Struktur organ elektroreseptor. Ampullary (a) dan tuberous (b) .....	164
Gambar 10. 3	Struktur mechanoreception.....	167
Gambar 10. 4	Gurat sisi (lateral line) (a) dan neuromast (b).....	168
Gambar 10. 5	Telinga dalam beberapa jenis ikan .....	169
Gambar 11. 1	Termoregulasi Tubuh Hewan Air .....	178
Gambar 11. 2	Interaksi Panas Tubuh oleh Sistem Syaraf dan Hormon .....	187
Gambar 12. 1	Struktur Sel Eukariot.....	190
Gambar 12. 2	Struktur Membrane Sel.....	191
Gambar 12. 3	Glikokaliks pada Membrane Sel .....	192
Gambar 12. 4	Mekanisme Transportasi Aktif, Pasif dan Difusi Ion .....	193
Gambar 12. 5	Struktur Inti Sel .....	194
Gambar 12. 6	Bagian Membran Inti .....	195
Gambar 12. 7	Hasil pewarnaan nucleolus dengan berbagai pewarnaan, DAPI: 4,6-diamidino-2- phenylindole, NCL: nucleolin; FBL: fibrilarin; Merge: campuran .....	196
Gambar 12. 8	Penyusun Kromosom .....	198

Gambar 12. 9	Perbedaan antara DNA dan RNA.....	199
Gambar 12. 10	Jenis-jenis RNA .....	202
Gambar 12. 11	Mitokondria.....	203
Gambar 12. 12	Retikulum Endoplasma.....	205
Gambar 12. 13	Ribosom .....	207
Gambar 12. 14	Badan Golgi.....	208
Gambar 12. 15	Peroksisome .....	209
Gambar 12. 16	Lisosom.....	211



**FISIOLOGI HEWAN AKUATIK**

**Waode Munaeni  
Gamal M. Samadan  
Muhammad Nur Findra  
Anne Rumondang  
Nursanti Abdullah  
Muhammad Nur  
Ekorini Farastuti  
Muh Amri Yusuf  
Disnawati  
Inem Ode  
Teuku Fadlon Haser  
Mohammad Faizal Ulkhaq**





# BAB

# 1

# KONSEP DASAR FISIOLOGI HEWAN AKUATIK

Fisiologi hewan akuatik adalah ilmu yang mempelajari tentang proses-proses yang terjadi dalam tubuh organisme yang hidup di perairan (Campbell *et al.*, 2011). Fisiologi hewan berkaitan dengan cara kerja hewan dan proses biologis yang penting bagi kehidupan hewan. Proses-proses ini dapat dipelajari pada berbagai tingkat organisasi mulai dari membran hingga organel, sel, organ, sistem organ, dan hingga seluruh hewan. Fisiologi hewan mengkaji bagaimana proses biologis berfungsi, bagaimana beroperasi dalam berbagai kondisi lingkungan, dan bagaimana proses-proses ini diatur dan diintegrasikan. Studi tentang fisiologi hewan berkaitan erat dengan anatomi dan dengan hukum fisika dan kimia dasar yang membatasi sistem makhluk hidup dan benda mati. Keterkaitan anatomi yaitu pada hubungan fungsi dengan strukturnya. Meskipun semua hewan harus berfungsi dalam batasan fisik dan kimia dasar, terdapat keragaman mekanisme dan proses yang digunakan oleh hewan yang berbeda. Pendekatan komparatif terhadap fisiologi hewan menyoroti prinsip-prinsip dasar dan mengungkapkan beragam solusi terhadap berbagai tantangan lingkungan. Hal ini dapat mengungkapkan solusi serupa terhadap masalah umum, atau modifikasi sistem fisiologis tertentu agar berfungsi dalam kondisi yang beragam (Cooper & Withers, 2008).

Fisiologi hewan akuatik meliputi sistem adaptasi, respirasi, sirkulasi, pencernaan, metabolisme, pertumbuhan, bioenergetika, osmoregulasi, ekskresi, reproduksi, syaraf, dan sistem hormon (Campbell *et al.*, 2011). Disiplin fisiologi hewan didukung oleh

# BAB 2

## SISTEM PENCERNAAN IKAN

Sistem pencernaan atau sistem *gastroinstestine* adalah sistem organ dalam hewan multisel yang menerima makanan, mencernanya menjadi energi dan nutrien, serta mengeluarkan sisa proses tersebut. Sistem pencernaan antara satu hewan dengan yang lainnya bisa sangat jauh berbeda tergantung pada tinggi rendahnya tingkat organisasi sel hewan tersebut serta jenis makanannya. Pada hewan invertebrata alat pencernaan makanan umumnya masih sederhana, dilakukan secara fagositosis dan secara intrasel, sedangkan pada hewan-hewan vertebrata sudah memiliki alat pencernaan yang sempurna yang dilakukan secara ekstrasel.

### A. Anatomi Sistem Pencernaan Ikan

Saluran pencernaan pada ikan dimulai dari rongga mulut (*cavum oris*). Di dalam rongga mulut terdapat gigi-gigi kecil yang berbentuk kerucut pada geraham bawah dan lidah pada dasar mulut yang tidak dapat digerakan serta banyak menghasilkan lendir, tetapi tidak menghasilkan ludah (enzim). Dari rongga mulut makanan masuk ke esophagus melalui pharing yang terdapat didaerah sekitar insang. Esofagus berbentuk kerucut, pendek, terdapat di belakang insang, dan bila tidak dilalui makanan lumennya menyempit. Dari kerongkongan makanan di dorong masuk ke lambung, lambung pada umumnya membesar, tidak jelas batasnya dengan usus. Pada beberapa jenis ikan, terdapat tonjolan buntu untuk memperluas bidang penyerapan makanan. Dari lambung, makanan masuk ke usus yang berupa pipa panjang berkelok-kelok dan sama besarnya.

# BAB 3

## SISTEM PERNAPASAN

Dalam rangka memenuhi kebutuhan oksigen, hewan akuatik akan melakukan proses pernapasan (respirasi), yang mana dalam peristiwa tersebut terjadi pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida. Proses pernapasan melibatkan berbagai organ dengan mekanismenya masing-masing yang saling bekerja sama sehingga terjadi proses yang kompleks ini. Affandi dan Tang (2002) menyatakan bahwa proses pertukaran gas ini berkaitan dengan peranan oksigen dalam kehidupan ikan yang merupakan zat yang mutlak dibutuhkan oleh tubuh untuk mengoksidasi zat makanan (karbohidrat, lemak, dan protein) sehingga dapat menghasilkan energi.

### A. Organ Pernapasan

Organ pernapasan utama hewan akuatik baik ikan maupun kebanyakan hewan avertebrata air adalah insang. Organ pernapasan ikan terbagi atas dua, yaitu organ pernapasan akuatik dan organ pernapasan udara. Kedua macam organ ini berhubungan dengan kemampuannya mengikat oksigen. Organ pernapasan akuatik merupakan organ pernapasan yang digunakan untuk mengikat oksigen yang terlarut dalam air, sedangkan organ pernapasan udara adalah organ pernapasan yang dapat digunakan langsung untuk mengikat oksigen dari udara bebas. Insang termasuk dalam organ pernapasan akuatik.

Berdasarkan letaknya, insang terdiri dari insang dalam dan insang luar. Insang dalam adalah insang sebagaimana dimiliki oleh ikan pada umumnya, yaitu terletak di dalam

# BAB

# 4

# SISTEM REPRODUKSI

## A. Reproduksi

Reproduksi merupakan suatu aktifitas yang sangat penting bagi kelangsungan hidup hewan akuatik. Reproduksi bertujuan untuk menambah jumlah populasi hewan akuatik pada area tertentu. Dengan melakukan reproduksi maka hewan akuatik dapat menghasilkan keturunan baru untuk mencegah kepunahan. Salah satu hewan akuatik yang dibahas pada buku ini adalah ikan. Ikan merupakan hewan akuatik yang hidup dalam lingkungan air, bernapas menggunakan insang, poikilothermal dan setiap pergerakannya menggunakan sirip (Syarifuddin, 2011).

Suksesnya reproduksi ikan didukung oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal yaitu sesuatu yang bersumber dari dalam tubuh ikan yang mendukung suksesnya reproduksi seperti umur, kesehatan, hormon, tingkat kematangan gonad, dan feromon. Sebaliknya, faktor eksternal yaitu sesuatu yang berasal dari luar tubuh ikan seperti, sinar matahari, suhu udara dan perairan, makanan, kecepatan arus, dan curah hujan.

### 1. Sistem reproduksi

Sistem reproduksi pada ikan terdiri dari dua seksualitas yaitu:

#### a. Seksualitas primer

Seksualitas primer (gonad) yaitu reproduksi yang berhubungan langsung dengan organ reproduksinya, seperti ovarium (untuk ikan betina penghasil sel telur) dan testis (untuk ikan jantan penghasil sperma).

# BAB

# 5

# SISTEM SIRKULASI

## A. Sistem Sirkulasi Organisme Akuatik

Sistem sirkulasi pada organisme akuatik terbagi menjadi tiga bagian yaitu: sistem sirkulasi difusi, sistem sirkulasi terbuka, sistem sirkulasi tertutup. Sistem sirkulasi difusi terjadi pada organisme invertebrate (amoeba, hydra, dan paramecium). Pada sistem ini, organisme tidak mempunyai sistem sirkulasi seperti jantung, yang menggunakan saluran yang untuk mengangkut makanan. Akibatnya, aliran protoplasma mengangkut makanan ke seluruh tubuh. Sistem sirkulasi terbuka terdapat pada organisme seperti pada filum arthropoda yaitu sirkulasi darah beredar tidak selalu berada dalam sistem peredaran darah. Dan sistem sirkulasi tertutup terdapat pada organisme seperti ikan, moluska dan annelida.

### 1. Sistem sirkulasi difusi:

- a. Protozoa adalah hewan bertipe sel tunggal atau tidak memiliki sistem sirkulasi karena protozoa. Makanan yang dicerna di dalam vacuola diserap oleh protoplasma, dan oksigen di sekitarnya diserap melalui difusi, seperti amoeba dan paramecium. Paramecium memiliki sistem sirkulasi yang lebih baik daripada amoeba. Pada paramecium, makan yang berupa materi halus diserap melalui rongga tubuh. Namun apabila makan besar akan masuk melalui sitosma (mulut sel). Organisme seperti ini tidak memiliki sistem peredaran darah secara khusus, (Sistem sirkulasinya bergabung dengan sistem pencernaan).

# BAB 6

# SISTEM SARAF

## A. Pendahuluan

Ikan merupakan salah satu makhluk hidup yang cukup unik, dapat hidup pada berbagai habitat dengan berbagai kondisi, tentunya dengan mekanisme adaptasi fisiologinya. Selain itu, ikan juga dapat mengendalikan berbagai macam aktifitas dalam kehidupannya sebagai bentuk respon terhadap rangsangan yang berasal dari lingkungannya. Respon tersebut dilakukan berbagai organ yang berperan seperti organ perasa, otak dan *spinal cord* dengan melepaskan, impuls-impuls ke jaringan otot atau kelenjar-kelenjar. Sistem saraf merupakan sistem dalam tubuh ikan yang memiliki peran sangat penting terutama untuk menyelenggarakan fungsi kendali dan koordinasi.

Secara umum, sistem saraf ikan terdiri dari sistem saraf pusat dan sistem saraf periferi. Sistem saraf pusat terdiri otak dan medula spinalis. Pada ikan, otak terbagi menjadi tiga kelompok bagian yang memiliki fungsi masing-masing diantaranya adalah otak depan, tengah, dan belakang (*prosencefalon*, *mesencephalon*, dan *rhombencephalon*). Selanjutnya sistem saraf periferi terdiri dua kelompok bagian yaitu saraf cranial dan spinal beserta cabang-cabangnya. Menariknya, sistem saraf otonom merupakan bagian dari sistem periferi dan mempengaruhi otot polos dan kelenjar.

Sistem saraf pusat (SSP) mengintegrasikan informasi dari organ sensorik dan memediasi respons terhadap rangsangan lingkungan, sedangkan sumsum tulang belakang

# BAB

# 7

# SISTEM ENDOKRIN DAN HORMON

Endokrinologi adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari mediasi secara bio-kimiawi pada proses fisiologis, terutama yang terjadi pada sel, organ, jaringan dalam satu organisme, di antara organisme, populasi, serta diantara generasi saat hormon bekerja di dalam telur pada proses reproduksi. Endokrinologi berkaitan dengan kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon, yang kemudian dialirkan melalui darah ataupun limfa menuju organ target sehingga dapat menyebabkan perubahan-perubahan fisiologis. Hormon secara spesifik bekerja menggunakan reseptor yang spesifik pula. Selain itu, hormon juga berfungsi menjadi pembawa pesan atau mediator ke organ target. Dengan demikian, sistem endokrin adalah jaringan kelenjar yang memproduksi dan melepaskan hormon ke dalam tubuh.

Hormon membantu mengontrol banyak fungsi penting dalam tubuh, termasuk kemampuan mengubah kalori menjadi energi yang digunakan untuk menjalankan fungsi seluruh sel dan organ tubuh. Sistem endokrin mempengaruhi detak jantung, pertumbuhan tulang dan jaringan, bahkan kemampuan bereproduksi. Sistem endokrin terdiri dari sekumpulan kelenjar dan organ yang berfungsi untuk memproduksi dan melepaskan hormon ke dalam tubuh. Berbagai jenis hormon membantu mengendalikan sejumlah fungsi tubuh, seperti pada aktivitas proses metabolisme, regulasi ionic, regulasi osmotik, pertumbuhan, dan reproduksi. Sistem endokrin pada ikan terdiri dari kelenjar-kelenjar yang memproduksi hormon, yang berfungsi untuk mengontrol dan mengatur keseimbangan pada tubuh ikan, serta merangsang

# BAB 8

# SISTEM EKSKRESI

## A. Pendahuluan

Sistem ekskresi pada ikan merupakan proses pembuangan sisa metabolisme berupa cairan, gas, atau padatan melalui kulit, ginjal, dan saluran pencernaan. Fungsi sistem ekskresi pada ikan adalah untuk regulasi kadar air tubuh, menjaga keseimbangan garam, dan mengeliminasi sisa nitrogen hasil dari metabolisme protein. Organ ekskresi pada ikan terdiri dari insang, kulit, dan ginjal. Pada ikan air tawar dan air laut, ginjal berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme berupa urea serta menjaga keseimbangan garam. Ikan air tawar memiliki cairan tubuh dengan konsentrasi lebih rendah dibandingkan dengan lingkungan sekitarnya, sehingga ginjal pada ikan air tawar berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme berupa urea serta menjaga keseimbangan garam. Organ seperti kantung kemih pada beberapa jenis ikan hanya untuk menampung urine sementara dan umumnya merupakan perluasan dari saluran ekskresi (Weis, 2013; Zimmer, 2012). Kulit pada ikan juga berperan dalam mengeluarkan zat sisa, seperti amonia, melalui proses difusi.

Insang pada ikan membantu dalam sistem ekskresi dengan beberapa fungsi penting. Insang pada ikan memainkan peran penting dalam sistem ekskresi, pertukaran gas, dan regulasi pH dalam tubuh ikan. Cara insang bekerja dalam sistem ekskresi pada ikan yaitu (Souza-Bastos & Freire, 2011; Weis, 2013; Zimmer 2012):



# BAB

# 9

# OSMOREGULASI

Air merupakan komponen terpenting yang menyusun tubuh hewan, dimana jumlahnya berkisar 60-95% dari bobot tubuhnya dan tersebar baik di dalam sel (cairan intraseluler) maupun di luar sel (cairan ekstraseluler). Adanya kandungan air dan zat terlarut dalam cairan tubuh merupakan hal penting yang harus dijaga agar proses fisiologi tubuh hewan dapat berfungsi dengan baik.

Proses fisiologis organisme akuatik salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, contohnya adalah salinitas. Perubahan salinitas akan mempengaruhi keseimbangan antara osmolaritas air dengan cairan tubuh organisme akuatik. Meskipun demikian, organisme akuatik harus mampu menjaga keseimbangan tersebut. Mekanisme yang mengatur konsentrasi ion-ion terlarut dan jumlah air dalam tubuh dikenal dengan istilah osmoregulasi.

## A. Pengertian Osmoregulasi

Osmoregulasi ialah suatu proses mengatur keseimbangan jumlah cairan tubuh yang diserap dan dikeluarkan oleh sel atau organisme hidup. Lantu (2010) menjelaskan bahwa osmoregulasi yang terjadi pada organisme akuatik didasarkan karena adanya perbedaan tekanan osmotik dan faktor pembatasnya adalah salinitas. Jadi, osmoregulasi dapat diartikan sebagai upaya untuk mengontrol ion melalui sel permeabel. Apabila sebuah sel terlalu banyak menerima air maka dapat menyebabkan sel tersebut meletus, dan sebaliknya jika sel mendapatkan air yang terlalu sedikit maka sel akan mengkerut dan mati.

# BAB

# 10

## RESEPTOR DAN EFEKTOR

Sub bab ini membahas mekanisme yang digunakan hewan akuatik untuk mengumpulkan informasi dari lingkungannya dan bagaimana mereka menanggapi informasi tersebut. Agar dapat memantau perubahan lingkungan di sekitarnya, hewan air dilengkapi dengan reseptor yang memungkinkan mereka untuk 'menangkap' sejumlah besar informasi yang dapat menyerang mereka. Reseptor mendeteksi rangsangan dari setiap perubahan baik dari lingkungan eksternal atau lingkungan internal (fisiologi). Rangsangan eksternal adalah perubahan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi fungsi organisme, misalnya perubahan suhu atau ancaman lingkungan lainnya yang dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme. Alat indra merasakan rangsangan eksternal, termasuk sentuhan, cahaya, suara, bau, dan rasa. Rangsangan internal dihasilkan dari variasi faktor fisiologis yang terdeteksi oleh reseptor internal.

### A. Reseptor

Reseptor adalah bagian tubuh yang mendeteksi rangsangan atau perubahan. Ada berbagai jenis reseptor yang bertanggung jawab untuk menangkap rangsangan yang berbeda, yang secara garis besar dibagi menjadi beberapa kategori utama:

#### 1. Kemoreseptor (penerima rangsang kimia)

Kemoresepsi adalah respons fisiologis organ indera terhadap rangsangan kimia. Kemoreseptor pada ikan berperan dalam mendeteksi makananan dan mangsa,

# BAB

# 11

# TERMOREGULASI

## A. Pengertian Termoregulasi

Termoregulasi merupakan suatu proses yang dialami oleh hewan dengan tujuan menjaga suhu tubuh agar tetap stabil pada suhu yang dapat ditolerir oleh tubuh. Hewan yang dapat mengatur menstabilkan suhu tubuhnya disebut dengan homoiterm, sebaliknya pada hewan yang tidak dapat melakukannya disebut dengan poikiloterm. Sebagian besar hewan dipengaruhi oleh suhu lingkungan mereka. Beberapa hewan, terutama hewan air, dapat bertahan hidup pada suhu hingga minus 2 °C, sementara hewan yang hidup di daratan dapat bertahan pada suhu hingga 50 °C, seperti hewan yang digurun. Faktanya, suhu adalah salah satu komponen paling penting untuk kelangsungan hidup hewan air; bahkan ikan membutuhkan suhu ideal untuk berenang dan mencerna makanan, serta berbagai aktivitas lainnya. Suhu tubuh hewan air adalah ukuran yang menunjukkan suhu tubuh. Energi termis panas yang mengalir dari satu benda ke pada benda yang lainnya. Selain itu, ini dapat didefinisikan sebagai ukuran suhu tubuh tanpa dan atau dengan pengaruh faktor lingkungan (Isnaini, 2006).

Suhu hewan air harus tetap konstan untuk beberapa alasan. Suhu pada tubuh mampu memengaruhi pembentukan protein dan juga enzim tubuh, karena aktivitas sel terhambat oleh aktivitas enzim. Akibatnya, perubahan suhu tubuh memengaruhi kecepatan metabolisme sel. Selanjutnya, kebutuhan energi kinetik setiap molekul zat dipengaruhi oleh

# BAB

# 12

# STUKTUR SEL DAN FUNGSIONYA

Sel merupakan unit terkecil yang tidak dapat diamati menggunakan mata telanjang dan harus menggunakan bantuan mikroskop. Sejak ditemukannya mikroskop electron, pengamatan struktur dan fungsi internal sel menjadi focus penelitian para biologis. Secara umum, berdasarkan ukuran dan jenis struktur internal sel/organel, sel dibagi menjadi prokariot dan eukariot (**Gambar 12.1**). Sel prokariot memiliki struktur yang lebih sederhana dibandingkan sel eukariot. Sel prokariot dimiliki oleh mikroorganisme seperti bakteri, sedangkan organisme yang memiliki jenis sel eukariot antara lain protista, jamur (fungi), tumbuhan dan hewan. Perbedaan yang mencolok antara kedua tipe sel tersebut yaitu adanya struktur membrane intisel yang dimiliki oleh sel eukariot dan tidak dimiliki oleh sel prokariot (Karp *et al.*, 2019).

## DAFTAR PUSTAKA

- A'tourrohman, M. (2019). Termoregulasi, Respirasi Dan Osmoregulasi Pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Abbas, A. R., Baldwin, D., Ma, Y., Ouyang, W., Gurney, A., Martin, F., et al. (2005). Immune response in silico (IRIS): Immune-specific genes identified from a compendium of microarray expression data. *Genes and Immunity*, 6(4), 319-331.
- Abrahão, V. P., Shibatta, O. A. (2015). Gross morphology of the brain of *Pseudopimelodus bufonius* (Valenciennes, 1840) (siluriformes: Pseudopimelodidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2), 255-264. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20130219>.
- Abumandour, M. M. (2016). Gill morphology in the red swamp freshwater crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea: Decapoda: *Cambarids*) (Girard 1852) from the River Nile and its branches in Egypt. *International Journal of Morphology*, 34(1), 168-178. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100025>.
- Acosta J. R., Morales R., Morales A., Alonso M., Estrada M. P. (2007). *Pichia pastoris* expressing recombinant tilapia growth hormone accelerates the growth of tilapia. *Biotechnology Letters*, 29: 1.671-1.676.
- Affandi, R., Tang, U. M. (2002). *Fisiologi Hewan Air*. Unri Press, Riau.
- Aiken, D. E., Tunnicliffe, V., Shih, C. T., Delorme, L. D., (2013). Crustacean The Canadian Encyclopedia. Web January. <https://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/crustacean>.
- Ainerua, M., Ewere. (2014). Histopathological changes in the brain tissue of africa catfish exposure to glyphosate herbicide. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, 18(2), 275-280. <https://doi.org/10.4314/jasem.v18>.

- Alimuiddin, Etoh, S., Putra, H. G. P., Carman O. (2011) Growth and survival of giant gourami juvenile immersed in different doses of recombinant growth hormone. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 10: 99-105.
- Aliza, D., Nazaruddin, Abda, A. S., Asri, A. (2022). Mercury chloride (HgCl<sub>2</sub>) exposure changes the histopathological figure of eye and brain of tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*). *Biotropia*, 29(2), 103-111. <https://doi.org/10.11598/btb.2022.29.2.1634>
- Alphonsus, C. S., Rodseth, R. N. (2014). The endothelial glycocalyx: A review of the vascular barrier. *Anaesthesia*, 69(7), 777-784. <https://doi.org/10.1111/anae.12661>.
- Anakotta, A. R. F. (2002). Studi Kebiasaan Makan Ikan-ikan yang Tertangkap di Sekitar Ekosistem Mangrove Pantai Oesapa dan Oebelo Teluk Kupang NTT [Tesis]. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Anggoro, S., Suprpto, D., Purwanti, F. (2018). Osmoregulation pattern of fingerling vanname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) rearing in three molt stage iso-osmotic media. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 23(3), 119-122.
- Ashish. (2022). Why Can't Freshwater Fish Survive In Salt Water?. <https://www.scienceabc.com/nature/animals/why-cant-freshwater-fish-survive-in-saltwater-and-vice-versa.html>
- Ballabio, A. (2016). The awesome lysosome. *EMBO Molecular Medicine*, 8(2), 73-76. <https://doi.org/10.15252/emmm.201505966>.
- Ben-Ari, Y., Brody, Y., Kinor, N., Mor, A., Tsukamoto, T., Spector, D. L., Singer, R. H., Shav-Tal, Y. (2010). The life of an mRNA in space and time. *Journal of Cell Science*, 123(10), 1761-1774. <https://doi.org/10.1242/jcs.062638>.
- Ben-Shem, A., De Loubresse, N. G., Melnikov, S., Jenner, L., Yusupova, G., Yusupov, M. (2011). The structure of the eukaryotic ribosome at 3.0 Å resolution. *Science*, 334(6062), 1524-1529. <https://doi.org/10.1126/science.1212642>

- Bernt, M. J., Stiassny, M. L. J. (2022). A new species of air-breathing catfish (Clariidae: *Clarias*) from Salonga National Park, Democratic Republic of the Congo. *American Museum Novitates*, 2022(3990), 1-20. <https://doi.org/10.1206/3990.1>
- Bond, C. E. (1979). *Biology of Fishes*. Saunders Company, W.B. Philadelphia.
- Bone, Q., Moore, R. (2008). *Biology of fishes*. Taylor & Francis, Inggris.
- Bone, Quentin (2018). Reference module in earth systems and environmental sciences. fish: General Review. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10779-1
- Burhanuddin, A. (2010). *Ikhtologi: ikan dan aspek kehidupannya*. Yayasan Citra Emulsi, Makassar.
- Camilieri-Asch, V., Shaw, J. A., Mehnert, A., Yopak, K. E., Partridge, J. C., Collin, S. P. (2020). Ditect: A valuable technique to study the nervous system of fish. *eNeuro*, 7(4), 1-23. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0076-20.2020>.
- Campbell, N. A., Reece, J. B. (2004) *Biologi. Jilid 5*. Erlangga, Jakarta.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Jackson, R.B., Minorsky, P.V. (2011). *Campbell Biology*.-9th ed. Pearson, United States of America.
- Campbell, N. A., Reece, J. B.. (2010). *Biologi. Edisi Kedelapan Jilid 3*. Erlangga, Jakarta.
- Caragine, C. M., Haley, S. C., Zidovska, A. (2019). Nucleolar dynamics and interactions with nucleoplasm in living cells. *eLife*, 8, 1-21. <https://doi.org/10.7554/eLife.47533>.
- CIAA [Cook Inlet Aquaculture Association]. (2022.) Osmoregulation: How salmon survive in freshwater and saltwater. <https://ciaanet.org/osmoregulation-how-salmon-survive-in-freshwater-and-saltwater/>.
- Cooper, C.E., Withers, P.C. (2008). *Encyclopedia of Ecology*. Academic Press. Pages 181-189.

- Couto, A., Arnold, G., Ai, H., Sandoz, J. C. (2021). Interspecific variation of antennal lobe composition among four hornet species. *Scientific Reports*, 11: 20883. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00280-z>.
- Cremer, T., Cremer, M. (2010). Chromosome territories. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(3). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a003889>.
- Delfita R. (2014). *Fisiologi Hewan Jilid 1*. STIN Batusangkar Press, Sumatera Barat.
- Durachim, A., Astuti, D. (2018). *Hemostasis*. Kemenkes RI, Jakarta.
- Effendie IM. (2002). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Egerton, S., Culloty, S., Whooley, J., Stanton, Ross, C.R. (2018). The gut microbiota of marine fish. Review article. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00873>
- Ellegren, H. (2011). Sex-chromosome evolution: Recent progress and the influence of male and female heterogamety. *Nature Reviews Genetics*, 12(3), 157–166. <https://doi.org/10.1038/nrg2948>.
- Embley, T. M., Martin, W. (2006). Eukaryotic evolution, changes and challenges. *Nature*, 440(7084), 623–630. <https://doi.org/10.1038/nature04546>.
- Erickstad, M., Hale, L. A., Chalasani S. H., Groisman A. (2015). A microfluidic system for studying the behavior of zebrafish larvae under acute hypoxia. *Lab. Chip.* 15, 857–866.
- Erik S. (2017). *Fish Physiology The Cardiovascular System - Morphology, Control, and Function Volume 36 Form, Function, and Control of the Vasculature*, Ed. Academic Press, Cambridge.
- Evans, D. H. (1990). An emerging role for a cardiac peptide hormone in fish osmoregulation. Review. *Annu Rev Physiol*, 52:43-60. <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.52.030190.000355>.



- Evans, D. H. (1993). Osmotic and ionic regulation. The physiology of fishes, 315-342.
- Figueiredo-Fernandes, A., Ferreira-Cardoso, J. V., Garcia-Santos, S., Monteiro, S. M., Carrola, J., Matos, P., Fontainhas-Fernandes, A. (2007). Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 27, 103-109.
- Findra, M. N., Setyobudiandi, I., Butet, N. A., Solihin, D. D. (2020). Status populasi sumber daya kima (Tridacnidae) di perairan Taman Nasional Wakatobi. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan Berkelanjutan III*, 126-132.
- Fischer, S., Jungwirth, A. (2022). The costs and benefits of larger brains in fishes. *Journal of Evolutionary Biology*, 35(7), 973-985. <https://doi.org/10.1111/jeb.14026>.
- Fitria, N, Tjong, D. H, dan Indra J, Z. (2019). Fisiologis darah ikan baung (*Hemibagrus nemurus* Blkr.). *Journal Metamorfosa*. 6(1): h. 33-38.
- Fox, G. E. (2010). Origin and evolution of the ribosome. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(9), 1-19. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a003483>.
- Fujaya, Y. (1999). Bahan Pengajaran Fisiologi Ikan. Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Fujaya, Y. (2004). Fisiologi Ikan: Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Fujaya, Y., Sudaryono, A. (2015). Fisiologi Ikan dan Aplikasinya pada Perikanan. Pustaka Al-Zikra, Yogyakarta.
- Gabaldón, T. (2010). Peroxisome diversity and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1541), 765-773. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0240>.

- Gartner, L. P., Hiatt, J. L., Strum, J. M. (2011). Cell Biology and Histology (Issue 5). Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore.
- Graff, C., Kaminski, G., Gresty, M., Ohlmann, T. (2004). Fish perform spatial pattern recognition and abstraction by exclusive use of active electrolocation. *Curr Biol*, 14:818-823.
- Greenwell, M. G., Sherrill, J., Clayton, L. A. (2003). Osmoregulation in fish: Mechanisms and clinical implications. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 6(1):169-89. [https://doi.org/10.1016/s1094-9194\(02\)00021-x](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(02)00021-x).
- Gross C., De Zeeuw J., Simpao T. (2001). *Awesome Osmosis*. Marine Discovery, University of Arizona.
- Gunstream, S. (2010). *Anatomy dan Physiology with Integrated Study Guide (Fourth Ed)*. McGraw-Hill, New York.
- Gusrina. (2008). *Budidaya Ikan Jilid 1*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Haesemeyer, M. (2020). Thermoregulation in fish. *Mol Cell Endocrinol*, 1(518): 110986.
- Handajani, H. W., Widodo. (2010). *Nutrisi Ikan*. UMM Press, Malang.
- Hapsari, L. P., Wahyudi, D., Suryana, A., Pattirane C. P., Aripudin, Adi, C. P. (2022). Gambaran histopatologi ginjal benih ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) yang mengalami penurunan salinitas berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 12(2): 143 – 149. <https://doi.org/10.33512/jpk.v12i2.15093>
- Hasnidar, H. (2019). Aspek biologi reproduksi ikan molly, *Poecilia latipinna* (Lesueur 1821) di Tambak Bosowa Kabupaten Maros. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(3), 375-390.
- He, J. S., Soo, P., Evers, M., Parsons, K. M., Hein, N., Hannan, K. M., Hannan, R. D., George, A. J. (2018). High-content imaging

- approaches to quantitate stress-induced changes in nucleolar morphology. *Assay and Drug Development Technologies*, 16(6), 320–332. <https://doi.org/10.1089/adt.2018.861>.
- Heiligenberg, W., (1993). Electrosensation. In: Evans DH, ed. *The Physiology of Fishes*, pp. 137–160. Boca Raton, FL: C.
- Helfman, G., Collette, B., Facey, D. E., Bowen B. W. (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Hemlett, WC. (1999). *Sharks, Skates, and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes*. JHU Press, Baltimore.
- Hidayaturrahmah, H. (2015). Karakteristik bentuk dan ukuran sel darah ikan betok (*Anabas testudineus*) dan ikan gabus (*Chana sriata*) *EnviroScienteeae*, 11(2). <https://doi.org/10.20527/es.v11i2.1628>.
- Hildebrand, M. (1988). *Analysis of vertebrate structure*, 3rd ed. Wiley & Sons, New York.
- Hourdry, J. (1995). Fish and cydostome migrations between fresh water and sea water: Osmoregulatory modifications. *Italian Journal of Zoology*, 62(2): 97-108, <https://doi.org/10.1080/11250009509356058>.
- Humam. (2023). Sistem Hormon pada Manusia: Fungsi & Jenis Hormon. <https://www.gramedia.com/literasi/sistem-hormon/>.
- Hunt, D. E., Rawlinson, N. J. F., Thomas, G. A., Cobcroft, J. M. (2015). Investigating photoreceptor densities, potential visual acuity, and cone mosaics of shallow water, temperate fish species. *Vision research*, 111: 13-21.
- Hussein, M. N. A., Cao, X. (2018). Brain anatomy and histology in teleosts (Review Article). *Benha Veterinary Medical Journal*, 35(2): 446-463.
- Innes, A. J., Taylor, E. W. (1986). The evolution of air-breathing in crustaceans: A functional analysis of branchial, cutaneous

and pulmonary gas exchange. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 85(4), 621–637. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(86\)90271-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(86)90271-9)

- Isnaeni, W. (2006). *Fisiologi Hewan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Iswantari, A., Kurniawan, K., Priadi, B., Prakoso, V. A., Kristanto, A. H. (2019). Konsumsi oksigen ikan uceng *Nemacheilus fasciatus* (Valenciennes, 1846) pada kondisi padat tebar yang berbeda. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 4(2), 79–87. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i2.245>.
- Jan, K., Imtiaz, A., Nazir, A. D. (2021). Hematological and serum biochemical reference values of snow trout, *Schizothorax labiatus* habiting in river Sindh of Indian Himalayan region. *Fish. Biol.* 98(5):1289-1302. <https://doi.org/10.1111/jfb.14661>.
- Janet, I., Marshal, W. (2016). *Karp's Cell Biology: Global Edition*. John Wiley and Sons Inc. New Jersey, United States. 315 pp.
- Joel, M. (2013). *Crustacean Glossary*. Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles.
- Johansen, K., Burggren, W. W. (1980). Curculation and respiration in Luangfishes (dipnoi). 190 (Supplement 1), 217–236.
- Jones, G.P., Farrell D. J. (1992). Early-life food restrictions of broiler chickens i. methods of application, amino acid supplementation, and the age at which restrictions should commence, *British Poultry Science*, 33:3, 579-587.
- Jones, L. N., Lohmann, K. J., (2022). Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol.* 208(1):19-40.
- Jurd, RD. (2004). *Instant Notes Animal Biology*. Garland Science, New York.
- Jusmaldi, J., Hariani, N., Wulandari, N. A. (2020)/ Hubungan panjang-bobot dan faktor kondisi ikan nilem (*Osteochilus*

*vittatus valenciennes*), 1842) di Perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur. *Berita Biologi*, 19 (2), 127-139.

- Karlina, M., Morin, R., Henni, S. (2021). Gambaran eritrosit ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila* dan diobati dengan larutan daun salam (*Syzygium polyantha*). *Jurnal Perikanan Kelautan*.
- Karp, G., Iwasa, J., Marshall, W. (2019). *Karp's Cell Biology*, 9<sup>th</sup> edition, global edition. Wiley, India.
- Kawasaki, S., Fujita, Y., Nagaike, T., Tomita, K., Saito, H. (2017). Synthetic mRNA devices that detect endogenous proteins and distinguish mammalian cells. *Nucleic Acids Research*, 45(12). <https://doi.org/10.1093/nar/gkx298>.
- Kehrig, H.A., Costa, M., Moreira, I., Malm, O. (2002). Total and methyl mercury in a Brazilian estuary, Rio de Janeiro. *Marine Pollution Bulletin*, 44 (10): 1018-1023.
- Kent O.G. (2000). *The Laboratory Fish*. Academic, San Diego. 154-155.
- Khan, W., Khan, M. I., Hussain, S., Masood, Z., Shadman, M., Baset, A., Rahman, A., Mohsin, M., Alfarraj, S. (2022). Comparative analysis of brain in relation to the body length and weight of common carp (*Cyprinus carpio*) in captive (hatchery) and wild (river system) populations. *Brazilian Journal of Biology*, 82. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.242897>.
- Kim, J. G., Kim, S. H., Park, J. Y., Yo, S. H., (2022). Correlation between feeding behaviors and retinal photoreceptor cells of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in Korea. *Fishes*, 7(1), 25.
- Kotr Schal, K., Van Staaden, M. J. (1998). Fish brains: evolution and environmental relationships. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 373-408.
- Kraljevic J.K., Cepanec M., Simlesa S. (2014). Gestural development and its relation to a child's early vocabulary. *Infant Behavior & Development* 37 (2014) 192-202.

- Kunarso, Zainuri, M., Ario, R., Munandar, B., Prayogi, H. (2017). Impact of monsoon to aquatic productivity and fish landing at Pesawaran Regency waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116, 012021.
- Laan, A., Guthnick, T., Kuba, MJ., Laurent, G. (2014). Behavioral analysis of cuttlefish traveling waves and its implications for neural control. *Current Biology*, 24(15), 1737–1742.
- Lafontaine, D. L. J., Riback, J. A., Bascetin, R., Brangwynne, C. P. (2021). The nucleolus as a multiphase liquid condensate. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 22(3), 165–182. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0272-6>.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R., Passino, D. R. M. (1977). *Ichthyology* (K. F. Lagler, Ed.; Second edition). Wiley, India.
- Land, M. (2020). Photoreception. *Encyclopedia Britannica*, 1 Jun 2020. <https://www.britannica.com/science/photoreception>.
- Lantu, S. (2010). Osmoregulasi pada hewan akuatik. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 6(1), 46-50.
- Lestari, D. (2018). Sistem Ekskresi Pada Ikan Air Tawar dan Air Laut. <https://www.siswapedia.com/sistem-ekskresi-pada-ikan-air-tawar-dan-air-laut/>.
- Levental, I., Levental, K. R., Heberle, F. A. (2020). Lipid rafts: controversies resolved, mysteries remain. *Trends in Cell Biology*, 30(5), 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2020.01.009>.
- Li, G., Reinberg, D. (2011). Chromatin higher-order structures and gene regulation. *Current Opinion in Genetics and Development*, 21(2), 175–186. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2011.01.022>.
- Liu, Y., Wang, Z. (2022). Ontogenetic development of gill and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase in the air-breathing loach. *Fishes*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.3390/fishes8010023>

- Loretz, C. A. (1995). 2 Electrophysiology of ion transport in teleost intestinal cells. *Fish Physiology*, 14, 25-56.
- Lowe, M. (2011). Structural organization of the Golgi apparatus. *Current Opinion in Cell Biology*, 23(1), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.ceb.2010.10.004>.
- Maghfiroh, A., Anggoro, S., Purnomo, P. W. (2019). Pola osmoregulasi dan faktor kondisi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dikultivasi Di Tambak Intensif Mojo Ulujami Pemalang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 177-184.
- Manzon, L. A. (2002). The role of prolactin in fish osmoregulation: a review. *General and comparative endocrinology*, 125(2), 291-310.
- McCormick, S. D. (2001). Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *American zoologist*, 41(4), 781-794.
- Mengyue T., Xuechuan X., Shuang, L., Ting W., Yuye Y., Wei G., Wen W., Yuji J., Qingguo M. (2019). The metabolic responses of crucian carp blood to Cyprinid herpesvirus 2 infection. *Aquaculture*, 498, 72-82. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.042>.
- Mokoginta I, Hapsyari F, Suprayudi MA. (2004). Peningkatan retensi protein melalui peningkatan efisiensi karbohidrat pakan yang diberi chromium pada ikan mas *Cyprinus carpio* Linn. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 3(2), 37-41.
- Morales-Rivera, M. F., Valenzuela-Miranda, D., Nuñez-Acuña, G., Benavente, B. P., Gallardo-Escárate, C., Valenzuela-Muñoz, V. (2023). Atlantic salmon (*Salmo salar*) transfer to seawater by gradual salinity changes exhibited an increase in the intestinal microbial abundance and richness. *Microorganisms*, 11(1), 76. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010076>.
- Morera D., MacKenzie SA. (2011). Is there a direct role for erythrocytes in the immune response enhanced phagocytosis.

Science, 42(1), 89-0. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-89>, 118, 733e737.

- Morgan, J. D. (1998). Energetic aspects of osmoregulation in fish [Disertasi]. University of British Columbia, Kanada.
- Mozanzadeh, M. T., Safari, O., Oosooli, R., Mehrjooyan, S., Najafabadi, M. Z., Hoseini, S. J., ... Monem, J. (2021). The effect of salinity on growth performance, digestive and antioxidant enzymes, humoral immunity and stress indices in two euryhaline fish species: Yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 534, 736329. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736329>.
- Muchlisin, Z. A. (2014). A general overview on some aspects of fish reproduction. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 3(1): 43-52. <https://doi.org/10.13170/AIJST.0301.05>.
- Mujiman, A. (1998). Makanan Ikan. Seri Perikanan, Jakarta.
- Mukminin, A., Muttaqin, E., Pardede, S., Astuti, R. (2013). Panduan Monitoring Perikanan Hiu. Wild life Conservation Society Indonesia Program dan Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Aceh, Banda Aceh.
- Muzahar. (2020). Endokrinologi Ikan. Umrah Press, Tanjungpinang.
- Nazlic, M., A. Paladin, and I. Bocina. (2014). Histology of the digestive system of the black scorpionfish *Scorpaena porcus* L. *Acta Adriatica*, 55(1), 65-74.
- Németh, A., Längst, G. (2011). Genome organization in and around the nucleolus. *Trends in Genetics*, 27(4), 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2011.01.002>.
- Nilsson S.G., Ericson L. (1997). Conservation of plant and animal populations in theory and practice. *Ecological Bulletins*. 46. 117-139.
- Nugroho, R.A. (2016). Dasar-Dasar Endokrinologi. Mulawarman University Press, Samarinda. 145 hal.



- Nuralam, E., Luthfi, M. J. (2019). The anatomy of respiratory organ of climbing perch (*Anabas testudineus*). Proceeding International Conference on Science and Engineering, 83–86.
- Olson, K. R. (1999). Rectal gland and volume homeostasis: sharks, skates and rays. *The Biology of Elasmobranch Fish*, 329-352.
- Oracki, S. A., Walker, J. A., Hibbs, M. L., Corcoran, L. M., Tarlinton, D. M. (2010). Plasma cell development and survival. *Immunological Reviews*, 237(1), 140–159. <https://doi.org/10.1111/j.1600-065X.2010.00940.x>.
- Pamungkas, P. (2012). Aktivitas osmoregulasi, respons pertumbuhan, dan *energetic cost* pada ikan yang dipelihara dalam lingkungan bersalinitas. *Media Akuakultur*, 7(1), 44–51.
- Pang, Y. L. J., Poruri, K., Martinis, S. A. (2014). tRNA synthetase: TRNA aminoacylation and beyond. *Wiley Interdisciplinary Reviews: RNA*, 5(4), 461–480. <https://doi.org/10.1002/wrna.1224>.
- Pickford, G. E., Phillips, J. G. (1959). Prolactin, a factor in promoting survival of hypophysectomized killifish in fresh water. *Science*, 130(3373), 454-455.
- Pillinger, N. L., Kam, P. C. A. (2017). Endothelial glycocalyx: Basic science and clinical implications. *Anaesthesia and Intensive Care*, 45(3), 295–307. <https://doi.org/10.1177/0310057x1704500305>.
- Pinheiro, A. V., Han, D., Shih, W. M., Yan, H. (2011). Challenges and opportunities for structural DNA nanotechnology. *Nature Nanotechnology*, 6(12), 763–772. <https://doi.org/10.1038/nnano.2011.187>.
- Praseno, O., Krettiawan, H., Asih, S., Sudradjat, A., Budidaya, P. R. P., Pemuliaan, L. R., Tawar, B. R. P. B. A. (2010). Uji Ketahanan Salinitas Beberapa Strain Ikan Mas Yang Dipelihara Di Akuarium. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010*, 94-110.

- Prieto, G. I. (2021). Caution ahead: reassessing the functional morphology of the respiratory organs in amphibious snails. *PeerJ*, 9, e12161. <https://doi.org/10.7717/peerj.12161>.
- Rahardjo, M. F. (2022). Bernapas tidak hanya dengan insang. *WARTA IKTIOLOGI*, 6(3), 1-7.
- Rahardjo, M. F., Sjafei, D. S., Affandi, R., Sulistiono, Hutabarat, J. (2011). *Iktiologi*. CV. Lubuk Agung, Bandung.
- Rantin, F.T. (2020). Biology and physiology of freshwater neotropical fish. *The Cardiovascular System*, 185-216. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815872-2.00009-9>.
- Rastogi, S. C. (2007). *Essentials of Animal Physiology*. New Age International, New Delhi.
- Rasuh, R. (2013). *Termoregulasi*. <http://raldorasuh.wordpress.com/2013/02/21/termoregulasi>.
- Reading B.J, Sullivan C.V. (2011). Vitellogenesis in Fishes di dalam *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. The Reproductive Organs and Processes*. Ferrel A.P., (Ed.). Elsevier, Missouri. 635-646. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00257-4>.
- Richardson, B. E., Lehmann, R. (2010). Mechanisms guiding primordial germ cell migration: Strategies from different organisms. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 11(1), 37-49. <https://doi.org/10.1038/nrm2815>.
- Rifai, S.A., Nurdawati, Nasution. (1983). *Biologi Perikanan*. Edisi Pertama. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Robert R.J. (2012). *Fish Pathology*. Iowa, Wiley-Blackwell.
- Rodriguez, C., Prieto, G. I., Vega, I. A., Castro-Vazquez, A. (2019). Functional and evolutionary perspectives on gill structures of an obligate air-breathing, aquatic snail. *PeerJ*, 7, e7342. <https://doi.org/10.7717/peerj.7342>.

- Romdlianto, M., Supriatna, A. (2016). Teknik penggunaan hormon LHRH-a untuk perkembangan gonad induk ikan kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*). Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur, 7(2), 109-113.
- Rumondang, A., Risjani, Y., Fadjar, M. (2015). The introduction of pituitary gland extract of crab-eater frog (*Fejervarya Cancrivora*) to accelerate ovulation of eggs and spawning of common carp (*Cyprinus Carpio*). Journal of Life Science and Biomedicine, 5(5), 153-158.
- Sakamoto, T., McCormick, S. D. (2006). Prolactin and growth hormone in fish osmoregulation. General and comparative endocrinology, 147(1), 24-30.
- Salas-Leiton, E., Anguis, V., Manchado, M., Cañavate, J. P. (2008). Growth, feeding and oxygen consumption of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles stocked at different densities. Aquaculture, 285(1-4), 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.001>
- Salzman, J., Chen, R. E., Olsen, M. N., Wang, P. L., Brown, P. O. (2013). Cell-type specific features of circular rna expression. PLoS Genetics, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003777>.
- Sang, P. (2015). Animal Science and Welfare Level 4. Unit I Respiratory and Transport System.
- Santoso, P. (2009). Buku Ajar Fisiologi Hewan Padang. Universitas Andalas, Padang.
- Schmidt-Nielsen, K. (1980). Animal Physiology: Adaptation and environment (Second Ed). Cambridge University Press, USA.
- Scholz S., Richter S., Christian S., Wirkner. (2018). Constant morphological patterns in the hemolymph vascular system of crayfish (Crustacea, Decapoda). Arthropod Structure & Development. 47(3). 248-467. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2017.12.005>.

- Schon, E. A., Przedborski, S. (2011). Mitochondria: the next (neurode) generation. *Neuron*, 70(6), 1033–1053. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.06.003>.
- Schumacher, E. L., Carlson, B. A. (2022). Convergent mosaic brain evolution is associated with the evolution of novel electrosensory systems in teleost fishes. *eLife*, 11. <https://doi.org/10.7554/eLife.74159>.
- Schwarz, D. S., Blower, M. D. (2016). The endoplasmic reticulum: Structure, function and response to cellular signaling. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73(1), 79–94. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2052-6>.
- Senarat, S., Kettratad, J., Kaneko, G., Kamnurdnin, T., Sudtongkong, C. (2020). The microanatomy of the central nervous system and brain of the indo-pacific seahorse, *Hippocampus barbouri*, during development. *Zoologia*, 37, 1–11. <https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e53734>.
- Shanthanagouda, A.H., Sachin, O.K. (2018). Breeding and spawning of fishes: Role of endocrine gland. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(4), 472–47.
- Sheikh, Z. A., Ahmed, I., Jan, K., Nabi, N., Fazio, F. (2019). Hematological profile, blood cell characteristic and serum biochemical composition of cultured brown trout, *Salmo trutta fario* with respect to sex. *Heliyon*, 8(8): e10247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10247>.
- Sherwood, L, Klandrof, H, Yancey, P. (2013). *Animal Physiology From Genes to Organisms* (Second Ed). Yolanda Cossio, USA.
- Sherwood, L. (2012). *Introduction to Human Physiology*. Thomson Brooks/cole, Belmont.
- Singh, H., Rao, B. (1990). Temperature sensitivity of magnesium-sodium nitrate Propellants. *Propellants, Explosives. Pyrotechnics* 15, 250-253.
- Smeets, Wilhelmus J.A.J., Rudolf N., Barry L.R. (2012). *The Central Nervous System of Cartilaginous Fishes: Structure and*

Functional Correlations. Springer Berlin, Heidelberg.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-68923-9>.

- Smith, D. C. W. (1956). The role of the endocrine organs in the salinity tolerance of trout. *Mem Soc Endocrinol*, 5, 83-101.
- Solovei, I., Thanisch, K., Feodorova, Y. (2016). How to rule the nucleus: divide et impera. *Current Opinion in Cell Biology*, 40, 47-59. <https://doi.org/10.1016/j.jceb.2016.02.014>.
- Souza-Bastos, L.R., Freire, C.A. (2011). Osmoregulation of the resident estuarine fish *Atherinella brasiliensis* was still affected by an oil spill (Vicuna tanker, Paranagu ~ a Bay, Brazil), 7 months' after the accident. *Sci Total Environ*, 409, 1229-1234.
- Stoskopf, M. K. (1993). Clinical pathology. *Fish medicine*, 113-131.
- Sukarsono. (2009). *Ekologi Hewan*. UMM Press, Malang.
- Suresh, A. V., Lin, C. K. (1992). Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. *Aquacultural Engineering*, 11(1), 1-22. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(92\)90017-R](https://doi.org/10.1016/0144-8609(92)90017-R).
- Suwedi, N., Alamsyah, A. T., Sutjiningsih, D., Garno, Y. S. (2015). Kematian massal ikan di Waduk Cirata pada Januari 2013. *LIMNOTEK*, 22(1), 22-31.
- Syarifuddin. (2011). *Ikhtiologi*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Szczepkowski, M., Szczepkowska, B., Piotrowska, I. (2011). Impact of higher stocking density of juvenile Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, on fish growth, oxygen consumption, and ammonia excretion. *Archives of Polish Fisheries*, 19(2), 59-67. <https://doi.org/10.2478/v10086-011-0007-6>
- Taft, R. J., Pang, K. C., Mercer, T. R., Dinger, M., Mattick, J. S. (2010). Non-coding RNAs: regulators of disease. *Journal of Pathology*, 220(October 2009), 231-241. <https://doi.org/10.1002/path>.

- Tan, D. X., Hardeland, H., Manchester, L.C., Paredes, S.D., Korkmaz, A., Sainz, R.M., Mayo, J.C., Fuentes-Broto, L., Reiter, R.J. (2010). The changing biological roles of melatonin during evolution: from an antioxidant to signals of darkness, sexual selection and fitness. *Biological Reviews*, 85(3), 607-623. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00118.x>.
- Tavighi, S., Saadatfar, Z., Shojaei, B., Behnam Rassouli, M. (2016). Histomorphogenesis of cranial nerves in *Huso huso* larvae. *Veterinary Research Forum*, 7(2), 111-116.
- Thacker C, Grier H. (2005). Unusual gonad structure in the paedomorphic teleost, *Schindleria praematura* (Teleostei: Gobioidei): A comparison with other gobioid fishes. *J Fish Biol*, 66, 378-391.
- Thomas S, (2016). Wikipedia is already the world's 'Dr Google' - it's time for doctors and researchers to make it better. *The Conversation*: <https://theconversation.com/>.
- Titorenko, V. I., Terlecky, S. R. (2011). Peroxisome metabolism and cellular aging. *Traffic*, 12(3), 252-259. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0854.2010.01144.x>.
- Tobing, J. M. (2007). Studi Penggunaan Enzim Protease Pada Konsentrasi Etanol Yang Berbeda Sebagai Aktivator Pembelahan Sel Telur/Cleavage Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) [Disertasi]. Universitas Brawijaya, Malang.
- Tota B. V., Salvatore, C. G., Zummo, G. (1983). Comparative study of the arterial and lacunary systems of the ventricular myocardium of elasmobranch and teleost fishes. , 167(1), 15-32. doi:10.1002/aja.1001670103.
- Tremblay, J., Singh, K., Fern, A., Kirton, E. S., He, S., Woyke, T., Lee, J., Chen, F., Dangl, J. L., Tringe, S. G. (2015). Primer and platform effects on 16S rRNA tag sequencing. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00771>.

- Twister S. (2022). A short note on sensory systems in fish. *Research & Reviews: Journal of Zoological Sciences*, 10(2).
- Urich, K. (1994). Respiratory Pigments in urich, K. (ed) *Comparative animal Biochemistry* first ed. Springer-Verlag, Berlin New York, pp.249-287.
- Usman, Neltje N., Palinggi, N. A., Giri. (2003). Pemanfaatan beberapa jenis karbohidrat bagi pertumbuhan dan efisiensi pakan yuwana ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia IX*, (2), 21-28.
- Vicaya, D. S., Efizon, D., Windarti, W. (2014). Reproductive Biology of *Anabas Testudineus* Living in The Palm Tree Plantation Canal, Tapung Kiri River, Bencah Kelubi Village [Disertasi]. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Vlachogianni, T., Fiotakis, K., Loridas, S., Valavanidis, A. (2013). Environmental Pollution by Endocrine Disrupting Chemicals. Adverse Developmental, Reproductive and Immune Effects in the Wildlife and in Human Health. University Campus Zografou, Greece.
- Von der Emde, G., (1999). Active electrolocation of objects in weakly electric fish. *Journal of Experimental Biology*, 202(10), 1205–1215.
- Wakisaka, N., Miyasaka, N., Koide, T., Masuda, M., Hiraki-Kajiyama, T., Yoshihara, Y. (2017). An adenosine receptor for olfaction in fish. *Curr Biol*, 27,1437–47.e4.
- Wang, C., Croll, R.P. (2004). Effects of sex steroids on gonadal development and gender determination in the sea scallop (*Placopecten magellanicus*). *Aqua*. 238:483-498.
- Watanabe T. (1988). *Fish Nutrition and Mariculture*. JICA. Textbook. Department of Aquatic Bioscience, Tokyo University of Fisheries, Jepang. 233 p.
- Weis, J. S. (2013). Osmoregulation and excretion. *Physiological, Developmental and Behavioral Effects of Marine Pollution*, 97-125. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6949-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6949-6_4).

- Westrate, L. M., Lee, J. E., Prinz, W. A., Voeltz, G. K. (2015). Form follows function: The importance of endoplasmic reticulum shape. *Annual Review of Biochemistry*, 84, 791–811. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-072711-163501>.
- Widyaningrum, T., Suharyanti, T. (2011). Pengaruh merkuri klorida terhadap pertumbuhan dan histopatologi ginjal ikan nila (*Oreochromis Niloticus*, Linn). Conference paper. Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi FKIP UNS 2011.
- Wijayanti, F., Abrari, M. P., Fitriana, N. (2018). Keanekaragaman spesies dan status konservasi ikan pari di tempat pelelangan ikan Muara Angke Jakarta Utara. *Jurnal Biodjati*, 3(1), 23-35.
- Wijayanti, G.E., Soeminto, Simanjuntak, S.B.I. (2009). Reproductive hormone profiles and gametogenesis in female of giant gourami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(1), 93-105.
- Wilkens, J. L. (1981). Respiratory and Circulatory Coordination in Decapod Crustaceans. In *Locomotion and Energetics in Arthropods* (pp. 277–298). Springer, US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4064-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4064-5_11)
- Wilson, C., Venditti, R., Rega, L. R., Colanzi, A., D'Angelo, G., De Matteis, M. A. (2011). The Golgi apparatus: An organelle with multiple complex functions. *Biochemical Journal*, 433(1), 1–9. <https://doi.org/10.1042/BJ20101058.s>
- Wilson, K. L., Berk, J. M. (2010). The nuclear envelope at a glance. *Journal of Cell Science*, 123(12), 1973–1978. <https://doi.org/10.1242/jcs.019042>.
- Windarti, T. E., Chaidir P., Deni E., Yulianti. (2010). *Fisiologi Hewan Air*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Wootton, R.J. (1990). *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman & Hall, London
- Yamin, M., Neltje N.P. (2007). Aktivitas enzim protease dan kondisi pencernaan di usus ikan kerapu macan (*Epinephelus*



- fuscoguttatus*) setelah pemberian pakan. *Jurnal Riset Akuakultur II* (2), 281-288.
- Yancey, P. H., Somero, G. N. (1980). Methylamine osmoregulatory solutes of elasmobranch fishes counteract urea inhibition of enzymes. *Journal of Experimental Zoology*, 212(2), 205-213.
- Yang, N. J., Hinner, M. J. (2015). Getting across the cell membrane: an overview for small molecules, peptides, and proteins. *Methods Mol. Biol.* 1266, 29-53. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2272-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2272-7_3).
- Yaron, Z., Levavi-Sivan, B. (2012). *Endocrine Regulation of Fish Reproduction*. Elsevier, Missouri. <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2018/01/8460-English-TarjomeFa.pdf>
- Yim, W. W. Y., Mizushima, N. (2020). Lysosome biology in autophagy. *Cell Discovery*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41421-020-0141-7>.
- Yulfiperius, Toelihere, M. R., Affandi, R., Sjafei, D. S. (2006). Pengaruh alkalinitas terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan lalawak (*Barbodes* sp.). *Biosfera* 23 (1) Januari 2006. <https://core.ac.uk/download/pdf/268410199.pdf>
- Zairin Jr, M. (2003). *Endokrinologi dan Perannya bagi Masa Depan Perikanan Indonesia* (p. 70). Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zimmer, A. M., Barcarolli, I. F., Wood, C. M., Bianchini, A. (2012). Waterborne copper exposure inhibits ammonia excretion and branchial carbonic anhydrase activity in euryhaline guppies acclimated to both fresh water and sea water. *Aquat Toxicol*, 122-123,172-180.

## TENTANG PENULIS



**Dr. Waode Munaeni, S.Pi, M.Si** lahir di Lasalimu (Buton) pada tanggal 4 Juni 1987. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2014 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Pendidikan Program Doktor selesai pada tahun 2020 di Program Studi Ilmu Akuakultur IPB melalui program Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia–Dalam Negeri (BUDI-DN). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Budidaya Perairan, FPIK Universitas Halu Oleo tahun 2015-2020, kemudian diterima menjadi ASN di Universitas Khairun pada Desember 2020-sekarang.

Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal internasional bereputasi seperti: *Asian Pasific Journal of Tropical Biomedicine* 9(9):397-404 (Q2) dengan judul “*Phytochemical analysis and antibacterial activities of E. bulbosa (Mill.) Urb. extract against V. parahaemolyticus*”; *Microbiology, Biotechnology, and Food Science* (Q3) dengan judul “*The potential of Buton forest onion E. bulbosa (Mill.) Urb. extract as a prebiotic and an antioxidant*”; jurnal *Fish and Shellfish Immunology* 102:218–227 (Q1) dengan judul “*Effect in white shrimp Litopenaeus vannamei of E. bulbosa (Mill.) Urb. powder on immune genes expression and resistance against Vibrio parahaemolyticus infection*”; Jurnal *Aquaculture* (Q1) dengan judul “*Impact of dietary supplementation with E. bulbosa (Mill.) Urb. on intestinal microbiota diversity and growth of white shrimp, L. vannamei*”. Jurnal *Microbiology Indonesia* dengan judul “*In vitro phytochemical and inhibitory potential tests of Buton forest onion extract (E. palmifolia) on Vibrio harveyi*”; *Pakistan Journal of Biological Science* (Q3) dengan judul “*Buton forest onion extract E. bulbosa (Mill.) Urb. potential on growth performance of vannamei shrimp Litopenaeus vannamei*”. Penulis juga telah memiliki

paten sederhana No S00201906562 dengan judul invensi "*Pencegahan infeksi V. Harveyi7 dan peningkatan kinerja pertumbuhan pada udang vaname L. vannamei dengan pakan yang mengandung ekstrak bawang hutan E. bulbosa (Mill.) Urb.*".



**Dr. Gamal M. Samadan, S.Pi, M.Si** lahir di Sampalakambula Kabupaten Bombana pada tanggal 12 November 1974. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi tahun 1998. Penulis menyelesaikan pendidikan Magister pada Program Studi Ilmu Perairan Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi pada tahun 2004. Pendidikan Program Doktorat diselesaikan pada tahun 2019 di Program Studi Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Saat ini penulis aktif mengajar di program S1 dan S2 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta Pascasarjana Universitas Khairun. Penulis juga aktif sebagai dewan editor jurnal dan reviewer pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Berbagai kegiatan ilmiah telah diikuti oleh penulis baik dalam dan luar negeri. Penulis juga aktif mengikuti seminar, serta aktif mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi.



**Muhammad Nur Findra, S.Pi., M.Si.** lahir di Ujung Pandang pada tanggal 22 Desember 1987. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin (Unhas) Makassar di tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor melalui program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) di tahun 2013 dan menyelesaikan studi di tahun 2016. Penulis bekerja sebagai Dosen Tetap Non-PNS di Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Halu Oleo Kendari pada tahun 2018-2022, dan saat ini bekerja sebagai Dosen ASN pada program studi yang sama di Universitas Khairun Ternate.

Penulis aktif mengikuti seminar baik nasional maupun internasional, dan mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis juga aktif sebagai dewan editor dan reviewer pada beberapa jurnal nasional.



**Anne Rumondang, S.Pi., M.P** lahir di Lumban Pinasa pada tanggal 05 April 1985. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan, di Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Sibolga tahun 2007

Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Budidaya Perairan, di Universitas Brawijaya tahun 2015 melalui program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana–Dalam Negeri (BPP-DN). Pada tahun 2008-2019 penulis bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Budidaya Perairan, di Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Sibolga, tahun 2015-2021 penulis bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Budidaya Perairan, di Akademi Komunitas Negeri (AKN) Sibolga, tahun 2018-2020 Penulis pernah menjadi Anggota Dewan Riset Daerah (DRD) Kota Sibolga, kemudian pada tahun 2021-sekarang penulis diterima menjadi dosen non PNS di Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan (STPK) Matauli.

Penulis aktif mengikuti seminar dan aktif melakukan penelitian di kampus. Judul penelitian yang sudah pernah dilakukan penulis yaitu tahun 2015 dengan judul “Penggunaan Kelenjar Hipofisa Katak Sawah (*Fejervarya cancrivora*) Untuk Mempercepat Ovulasi Dan Pemijahan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)”. Tahun 2016 dengan judul “Studi Pemberian *Tubifex* Dengan Frekuensi Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Kelulushidupan Larva Lele Mutiara (*Clarias gariepinus burchell*)”. Tahun 2017 dengan judul “Uji Lama Waktu Perendaman Telur Dengan *Methylene Blue* Terhadap Persentase Penetasan Telur Lele Mutiara (*Clarias gariepinus burchell*)”. Tahun 2018 dengan judul “Aplikasi Teknologi Bioflok Untuk Mempercepat Pertumbuhan Dan Masa Panen Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus burchell*) Di Sibolga Dan Tapanuli Tengah”. Tahun 2019 dengan judul “Pemanfaatan Air Kolam Budidaya Ikan Sebagai Nutrisi Pada Budidaya Tanaman Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Di Kabupaten Tapanuli Tengah”. Tahun 2022 dengan judul “Efektivitas Tinggi Air Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Dewa (*Tor sp*) Pada Wadah Terkontrol”.



**Nursanti Abdullah** Lahir di Obi Sambiki, 24 Agustus 1977, Lulus S1 tahun 2000 pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Khairun Ternate. Sejak tahun 2000 sampai sekarang sebagai staf dosen pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Tahun 2005 melanjutkan studi ke Institut Pertanian Bogor dan meraih gelar Magister Sains (M.Si.) tahun 2007. Sekarang aktif mengajar pada mata kuliah Fisiologi Organisme Akuatik, Genetika dan Pemuliaan Ikan, Reproduksi Ikan, dan Biologi Perikanan.



**Dr. Muhammad Nur, S.Pi., M.Si** Penulis lahir di Palattae (Bone), Sulawesi Selatan pada tanggal 24 Desember 1990. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Manajemen Sumber daya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanudin pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Perikanan, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan selesai pada tahun 2015 melalui program Beasiswa Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) calon dosen. Pendidikan Program Doktor penulis tempuh pada tahun 2017 hingga tahun 2020 di Program Studi Pengelolaan Sumber daya Perairan, Institut Pertanian Bogor melalui program BPPDN. Penulis saat ini bekerja sebagai dosen di Program Studi Budidaya Perairan/Akuakultur, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat sejak tahun 2015 sekarang. Terkait dengan organisasi keprofesian, penulis aktif di Masyarakat Iktiologi Indonesia dan menjabat Kordinator Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Barat. Bidang kajian yang digeluti yaitu ekobiologi ikan, iktiologi dan konservasi sumber daya ikan.



**Eko Rini Farastuti.** Penulis dilahirkan di Lampung, 08 Januari 1981. Penulis lulus dari SMUN 3 Pringsewu, Lampung dan melanjutkan kuliah pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung Mangkurat Banjarmasin. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan program S2 Ilmu Akuakultur di Institut Pertanian Bogor dan berhasil lulus pada tahun 2014. Selanjutnya pada tahun 2016 penulis melanjutkan program S3 Ilmu Akuakultur Institut Pertanian Bogor diperoleh melalui Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia Dalam Negeri (BUDI-DN), Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) KEMENKEU RI. Dana penelitian dibantu oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) KEMENKEU RI. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar pada program studi Akuakultur Fakultas Pertanian Universitas Djuanda, Bogor (2021 - saat ini).



**Muh. Amri Yusuf, S.Pi., M.Si** lahir di Ujung Pandang pada tanggal 08 Januari 1996. Pada Desember 2018 telah menyelesaikan jenjang Strata 1 di Universitas Hasanuddin, Makassar di Departemen Perikanan, Budidaya Perairan. Agustus 2021 telah menyelesaikan jenjang Strata 2 di Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar pada Jurusan Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Saat ini sebagai dosen tetap di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan (THP) Institut Teknologi Sains dan Bisnis Muhammadiyah (ITSBM) Selayar sekaligus mendapatkan kesempatan mengajar di Universitas Hasanuddin pada Fakultas Vokasi, Program Studi Budidaya Laut dan Pantai, Kampus Selayar. Salah satu jurnal terpublikasi di *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation (AACL) - International Journal of The Bioflux Society* dengan judul *Abundance and Characteristic of Microplastics in Lake Towuti, East Luwu, South Sulawesi*. Penulis juga telah menulis dua buku referensi yang ber-ISBN dan memiliki hak cipta. Selain itu, penulis juga aktif pada berbagai kegiatan, moderator pada beberapa

kegiatan hingga kolaborasi riset dengan berbagai pihak, salah satu diantaranya bersama dengan Kementerian Pendidikan di Japan. Saat ini penulis sebagai salah satu anggota pada organisasi nasional dan dipercaya sebagai ketua organisasi pada tingkat provinsi, yaitu Forum Komunikasi Dosen (FKD) Wilayah Sulawesi Selatan.



**Disnawati, S.Pi., M.Si** lahir di Ujung Pandang pada tanggal 2 Januari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan Konsentrasi Abalon, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2010 melalui Program Beasiswa Unggulan -Biro Perencanaan Kerjasama Luar Negeri (BU-BPKLN) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Selanjutnya, penulis menyelesaikan pendidikan Magister pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro tahun 2014 melalui program Beasiswa Unggulan (BU) Ditjen Dikti. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di FPIK Universitas Halu Oleo tahun 2015-2021, kemudian diterima menjadi ASN di Universitas Khairun pada Desember 2022-sekarang. Penulis merupakan anggota Masyarakat Moluska Indonesia (MMI). Penulis mengampu mata kuliah fisiologi hewan air pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK UNKHAIR. Beberapa artikel sudah ditulis dan diterbitkan pada jurnal nasional maupun international. Penulisan buku kolaborasi ini menjadi pengalaman pertama bagi penulis dalam menyusun buku.





**Inem Ode** lahir di Tulehu/Maluku Tengah pada tanggal 12 Agustus. Gelar Magister Perikanan diperoleh pada tahun 2009 di Universitas Brawijaya Malang. Gelar Doktorat pada program studi Ilmu Akuakultur, di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2023. Penulis saat ini tercatat sebagai dosen dpk LLDIKTI wilayah XII pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Darussalam Ambon. Selain mengajar penulis aktif dalam kegiatan tridarma lainnya yakni penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Beberapa penelitian kolaborasi dengan lembaga di dalam negeri sejak tahun 2014, dan dengan Lembaga luar negeri sejak tahun 2018-2023. Beberapa penelitian juga berhasil didanai Ristekdikti sejak 2014.



**Teuku Fadlon Haser** lahir di Bireuen pada tanggal 29 Agustus 1988. Penulis memulai Pendidikan Diploma III di IPB dan selesai pada tahun 2010. Selanjutnya Penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana Perikanan pada Program Studi Perikanan Universitas Padjadjaran (UNPAD) Bandung tahun 2012 melalui beasiswa SEAMOLEC. Sejak Penulis selesai Sarjana, penulis sempat bekerja di Perusahaan Swasta bidang Perikanan dan Pernah menjadi Dosen pada Program Studi Budidaya Perairan Universitas Al Muslim hingga tahun 2013. Penulis menyelesaikan Pendidikan Magister Ilmu Perikanan Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin melalui jalur Beasiswa BPP-DN Calon Dosen dan menyelesaikan Studi pada tahun 2015. Sejak Januari 2016-sekarang Penulis Menjadi Dosen Tetap pada Program Studi Budidaya Perairan Universitas Samudra. Sebagai Dosen ASN yang telah tersertifikasi, Penulis aktif melakukan Tri Dharma Perguruan Tinggi dengan beberapa karya tulis termuat di Jurnal Nasional terakreditasi dan jurnal Internasional bereputasi.



**Mohammad Faizal Ulkhaq, S.Pi, M.Si** lahir di Surabaya pada tanggal 9 Desember 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga (Unair) tahun 2012. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2014 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Akuakultur, Sekolah Ilmu Kesehatan dan Ilmu Alam Universitas Airlangga Banyuwangi tahun 2015-sekarang dengan focus minat ilmu manajemen kesehatan ikan.

Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di prosiding seminar internasional bereputasi seperti: *Bacterial Viability of Edwardsiella tarda from Silver Rasbora (Rasbora argyrotaenia) after Infection with Immersion Methods* dan *Identification of Escherichia coli and Salmonella on Fishery Product from Juanda Airport, East Java, Indonesia* dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* serta beberapa artikel pada jurnal nasional terakreditasi dan internasional bereputasi. Sampai tahun 2023, jumlah publikasi yang dihasilkan sebanyak 69 artikel yang terdiri dari 35 artikel di jurnal/prosiding internasional dan 34 artikel di jurnal nasional terakreditasi. Selain itu, empat buah buku ditahun 2022 dan 2023 sudah dihasilkan oleh penulis yang merupakan hasil dari kegiatan pengabdian masyarakat dan kolaborasi penulis.