

**STUDI ANATOMI SKELETON IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DAN PEMBUATAN ATLASNYA
SEBAGAI SUMBER BELAJAR SISWA**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



Disusun oleh:

Imaduddin Abdur-Rahim

22104070022

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBİYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1526/Un.02/DT/PP.00.9/06/2026

Tugas Akhir dengan judul : STUDI ANATOMI SKELETON IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DAN PEMBUATAN ATLASNYA SEBAGAI SUMBER BELAJAR SISWA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IMADUDDIN ABDUR-RAHIM
Nomor Induk Mahasiswa : 22104070022
Telah ditujikan pada : Rabu, 20 Mei 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Muhammad Ja'far Luthfi, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a1927b578c4f



Penguji I

Dr. Sulistiyawati, S.Pd.I., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a18f5e9d35f2



Penguji II

Erna Wulandari, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a19041e7eb09




Yogyakarta, 20 Mei 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a1e36cd08bb8

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

 Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-03/00

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp. : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Imaduddin Abdur-Rahim
NIM : 22104070022
Judul Skripsi : Studi Anatomi Skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)
dan Pembuatan Atlasnya sebagai Sumber Belajar Siswa

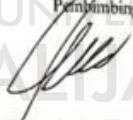
Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Pendidikan Biologi Islam Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara/i tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 05 Mei 2026

Pembimbing


Dr. Muhammad Ja'far Luthfi, M. Si
NIP. 197410262003121001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imaduddin Abdur-Rahim
NIM : 22104070022
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“STUDI ANATOMI SKELETON IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DAN PEMBUATAN ATLASNYA SEBAGAI SUMBER BELAJAR SISWA”** adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 11 Mei 2026

Penyusun,



Imaduddin Abdur-Rahim

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

STUDI ANATOMI SKELETON IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DAN PEMBUATAN ATLASNYA SEBAGAI SUMBER BELAJAR SISWA

Imaduddin Abdur-Rahim

22104070022

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh minimnya ketersediaan sumber belajar berbasis kajian anatomi skeleton hewan vertebrata, khususnya ikan, di tingkat SMA/MA. Padahal, materi sistem gerak pada vertebrata merupakan bagian penting dalam pembelajaran biologi yang membutuhkan visualisasi konkret dan terperinci. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dipilih sebagai objek penelitian karena ketersediaannya yang melimpah, harganya yang terjangkau, serta relevansinya sebagai representasi ikan teleostei yang memiliki struktur skeleton lengkap dan kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan gambaran anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) secara sistematis dan terperinci; (2) mengembangkan atlas anatomi skeleton Ikan Nila sebagai sumber belajar peserta didik; dan (3) menguji kelayakan atlas tersebut sebagai sumber belajar biologi di tingkat SMA/MA. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan secara terintegrasi, yaitu pendekatan deskriptif kualitatif untuk studi anatomi skeleton dan pendekatan penelitian pengembangan (*research and development*) untuk pembuatan atlas. Objek penelitian adalah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang diperoleh dari

lingkungan sekitar. Preparasi skeleton dilakukan melalui metode maserasi untuk menghasilkan spesimen tulang yang bersih dan utuh. Uji kelayakan atlas dilakukan secara bertahap oleh ahli media, ahli materi, guru biologi SMA/MA, dan *peer reviewer*, serta uji coba terbatas kepada 15 peserta didik kelas XI di SMA IT Abu Bakar Yogyakarta menggunakan instrumen penilaian berskala Likert.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Skeleton Ikan Nila tersusun atas dua bagian utama, yaitu skeleton aksial yang meliputi neurokranium, splankhnokranium (rahang atas, rahang bawah, aparatus hioid, lengkung insang, dan tutup insang), serta kolumna vertebralis (vertebra atlas, vertebra batang, dan vertebra ekor); dan skeleton apendikular yang meliputi sirip dorsal, anal, kaudal, pektoral, dan pelvis beserta seluruh tulang penyokong dan radialnya; (2) Atlas anatomi skeleton Ikan Nila berhasil dikembangkan dalam bentuk media cetak yang memuat foto dokumentasi langsung hasil preparasi, nama Latin setiap bagian tulang, serta keterangan deskriptif yang sistematis dan informatif; (3) Atlas dinyatakan **sangat layak** digunakan sebagai sumber belajar biologi, dengan persentase kelayakan dari ahli media sebesar 81% (Layak), ahli materi sebesar 97% (Sangat Layak), guru biologi sebesar 97% (Sangat Layak), *peer reviewer* sebesar 94% (Sangat Layak), dan kepraktisan dari peserta didik sebesar 89% (Sangat Layak).

Kata Kunci: Anatomi Skeleton, Ikan Nila, *Oreochromis niloticus*, Atlas, Sumber Belajar Biologi

ANATOMICAL STUDY OF THE NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) SKELETON AND THE DEVELOPMENT OF ITS ATLAS AS A STUDENT LEARNING RESOURCE

Imaduddin Abdur-Rahim

22104070022

ABSTRACT

This research was motivated by the limited availability of learning resources based on skeletal anatomy studies of vertebrate animals, particularly fish, at the senior high school (SMA/MA) level. The skeletal system of vertebrates is an essential topic in biology education that requires concrete and detailed visual representations. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was selected as the research subject due to its wide availability, affordability, and relevance as a representative teleost fish with a complete and complex skeletal structure. This study aimed to: (1) describe the skeletal anatomy of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) systematically and in detail; (2) develop an anatomical atlas of the Nile tilapia skeleton as a student learning resource; and (3) assess the feasibility of the atlas as a biology learning resource at the senior high school level. This research integrated two methodological approaches: a descriptive qualitative approach for the skeletal anatomy study and a research and development (R&D) approach for atlas production. The research subject was Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) obtained from the local environment. Skeleton preparation was performed using the maceration method to produce clean and intact bone

specimens. The feasibility assessment of the atlas was conducted in stages by a media expert, a subject matter expert, a high school biology teacher, and peer reviewers, followed by a limited trial involving 15 Grade XI students at SMA IT Abu Bakar Yogyakarta using Likert-scale assessment instruments.

The results revealed that: (1) The skeleton of Nile tilapia is composed of two major divisions: the axial skeleton, encompassing the neurocranium, splanchnocranium (upper and lower jaws, hyoid apparatus, gill arches, and opercular series), and the vertebral column (atlas vertebra, trunk vertebrae, and caudal vertebrae); and the appendicular skeleton, comprising the dorsal, anal, caudal, pectoral, and pelvic fins along with all their supporting bones and radials; (2) The anatomical atlas of the Nile tilapia skeleton was successfully developed as a printed medium containing direct documentation photographs from skeletal preparations, Latin nomenclature for each skeletal component, and systematic descriptive annotations; (3) The atlas was declared **highly feasible** as a biology learning resource, with feasibility scores of 81% (Feasible) from the media expert, 97% (Very Feasible) from the subject matter expert, 97% (Very Feasible) from the biology teacher, 94% (Very Feasible) from peer reviewers, and 89% (Very Feasible) from student practicality.

Keywords: Skeletal Anatomy, Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Atlas, Biology Learning Resource

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya...”. (Q.S. Al-Baqarah 2:286)

“Barangsiapa yang memulai sesuatu dengan Bismillah, maka Allah SWT akan memberkahi pekerjaannya”.

(HR. Tirmidzi)

“Terkadang, orang dengan masa lalu paling kelam akan menciptakan masa depan yang paling cerah”.

(Umar Bin Khattab)

“Ketika dunia begitu jahat padamu, maka kau harus menghadapinya ! Karena tidak seorangpun yang akan menyelamatkanmu jika kau tidak berusaha”.

(Roronoa Zoro)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Genuinely dedicating this work to my parents;


Ayah & Bunda

To my best support system ever;

My grannies

My siblings

All my bestfriends



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

And for those who always fight for knowledge.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur senantiasa penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan pertolongan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “*Studi Anatomi Skeleton Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Dan Pembuatan Atlasnya Sebagai Sumber Belajar Siswa*”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaatnya.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk dari tanggung jawab dan dedikasi penulis selama menempuh perkuliahan. Penulis menyadari banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis dengan penuh hormat mengucapkan terima kasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Prof. Dr. Sigit Purnama, M. Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dian Noviar, M. Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang memberikan nasihat selama perkuliahan.
3. Bapak Dr. Muhammad Ja'far Luthfi, M. Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi 2026 dan selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing peneliti dalam proses penyusunan tugas akhir.
4. Bapak/Ibu dosen Prodi Pendidikan Biologi yang selama ini telah membekali pengetahuan dan pengalaman pada saat menjalani perkuliahan.
5. Ayah dan Bunda, Aris Dwi Nugroho dan Ryana Dewi sebuah pertemuan dua hulu dari segala cinta yang tak

pernah kering. Terima kasih telah sudi menjadi pilar yang tak pernah rapuh, menopang raga ini saat langkah kaki terasa begitu berat dan hampir patah ditelan keraguan. Dalam setiap detak nadi dan lelahku, sungguh, selalu ada doa-doa kalian yang tak pernah usai menjaga dan merawat impianku.

6. Terima kasih untuk diri ini yang menolak tumbang, meski seringkali harus memeluk sepi dan lelah sendirian. Serta kepada detak nadi dan langkah kakiku yang terus merawat doa yang tak usai, aku sungguh bangga padamu.
7. Sahabat terbaik yang telah membantu penelitian ini Muhammad Adrick Adiel Shidqi Albarisy dan Kukuh Adi Nugroho serta selalu menjadi teman cerita di kondisi apapun.
8. Teman-teman lanangan Habib, Hendri, dan Ataka yang telah memberikan warna di dalam kisah ini.
9. Teman-teman bimbingan Isnaeni, Dewi, Hana, Ulfa, Ifa, dan Nisa yang telah memberikan semangat selama penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi 2022 yang selalu memberikan semangat kepada satu sama lain untuk mengerjakan skripsi.
11. Teman-teman kakak tingkat yang selalu memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
12. Teruntuk bait-bait nada dan lirik yang selalu ku mengerti. Terima kasih telah menjadi saksi bisu dan teman paling setia di balik layar laptop yang terus menyala. Skripsi ini tidak akan pernah selesai tanpa melodi kalian."
13. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan perhatiannya selama penyusunan skripsi ini.

Dukungan dan do'a tulus dari mereka selama ini menjadikan semangat utama peneliti dalam menyelesaikan

skripsi ini. Peneliti tidak mampu memberikan balasan apa-apa selain ucapan terima kasih dan do'a. Semoga kebaikan dan keikhlasan semua pihak mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Penyusunan skripsi ini tentu belum sempurna, sehingga peneliti mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun demi penyusunan karya yang lebih baik lagi.

Terima kasih.

Yogyakarta, 29 Mei 2026



Penyusun



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
MOTTO.....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	8
C. Rumusan Masalah.....	9
D. Batasan Masalah.....	10
E. Tujuan Penelitian.....	11

F. Spesifikasi Produk yang Dibuat	12
G. Manfaat Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Kajian Pustaka.....	15
1. Hakikat Pendidikan	15
2. Hakikat Pembelajaran Biologi.....	17
3. Ikan Nila.....	18
4. Atlas Sebagai Sumber Belajar	25
B. Penelitian Yang Relevan	28
C. Kerangka Berpikir	41
BAB III METODE PENELITIAN.....	42
A. Penelitian Studi Anatomi Skeleton Ikan Nila	
(<i>Oreochromis niloticus</i>).....	42
1. Desain Penelitian	42
2. Waktu dan Tempat	42
3. Alat dan Bahan	43
4. Langkah Kerja.....	43
5. Teknik Analisis Data	45

B. Pembuatan Atlas Anatomi Skeleton Ikan Nila	
<i>(Oreochromis niloticus)</i>	46
1. Waktu dan Tempat penelitian	46
2. Prosedur Pembuatan Atlas.....	47
3. Uji Coba Produk.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
A. Studi Anatomi Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	54
1. Deskripsi Morfologi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)... ..	54
2. Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	55
B. Atlas Anatomi Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) Sebagai Sumber Belajar	122
1. Desain Pembuatan Atlas	122
2. Uji Kelayakan Atlas Anatomi Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) Sebagai Sumber Belajar	127

**3. Pembahasan Atlas Anatomi Skeleton Ikan Nila
(*Oreochromis niloticus*) Sebagai Sumber**

Belajar	139
BAB V PENUTUP	144
A. Kesimpulan	144
B. Saran.....	146
DAFTAR PUSTAKA	148
LAMPIRAN	158
BIODATA PENULIS.....	267



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skor skala Likert	52
Tabel 2. Skala Persentase	53
Tabel 3. Hasil Penilaian Ahli Media	128
Tabel 4. Perbaikan Oleh Ahli Media	129
Tabel 5. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan Oleh Ahli Media.....	129
Tabel 6. Hasil Penilaian Ahli Materi	132
Tabel 7. Perbaikan Oleh Ahli Materi.....	132
Tabel 8. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan oleh Ahli Materi	133
Tabel 9. Hasil Penilaian Guru Biologi	135
Tabel 10. Hasil Penilaian Peer Reviewer	137
Tabel 11. Hasil Penilaian Peserta Didik	138

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ikan Nila.....	19
Gambar 2. Tengkorak Ikan.....	23
Gambar 3. <i>Appendicular</i> Ikan	24
Gambar 4. Tulang gerak (<i>ossa appendicularis</i>) ikan keureling tampak lateral.....	30
Gambar 5. Penyusun tulang belakang <i>Tor tambroides</i> (A) dan <i>Tor tambra</i> (B) tampak lateral.....	32
Gambar 6. Skeleton Kering dari tiga spesies Haplotilapiini	35
Gambar 7. Atlas Anatomi Skeleton Burung Hantu Serak Jawa (<i>Tyto alba</i> , Scopoli, 1769)	38
Gambar 8. Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	55
Gambar 9. Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	56
Gambar 10. Preparasi Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	56
Gambar 11. Skeleton Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	59
Gambar 12. Tengkorak Ikan Nila (setelah preparasi)	60
Gambar 13. Tengkorak Ikan Nila (sebelum preparasi).....	61
Gambar 14. <i>Neurocranium</i> (<i>dorsal view</i>).....	62
Gambar 15. <i>Neurocranium</i> (<i>lateral view</i>).....	65

Gambar 16. <i>Premaxilla</i> (l) (<i>dorsal view</i>)	68
Gambar 17. <i>Maxilla</i> (k) (<i>lateral view</i>)	69
Gambar 18. <i>Dentary</i> (m) (<i>dorsal view</i>)	70
Gambar 19. <i>Articular</i> (n) (<i>lateral view</i>)	70
Gambar 20. <i>Angular</i> (o) (<i>lateral view</i>).....	71
Gambar 21. <i>Hyomandibular</i> (b) (<i>lateral view</i>)	72
Gambar 22. <i>Quadrate</i> (q) (<i>lateral view</i>)	73
Gambar 23. <i>Symplectic</i> (r) (<i>lateral view</i>)	73
Gambar 24. <i>Operculum</i> (w) (<i>lateral view</i>)	74
Gambar 25. <i>Preoperculum</i> (t) (<i>lateral view</i>).....	75
Gambar 26. <i>Interoperculum</i> (u) (<i>lateral view</i>).....	75
Gambar 27. <i>Branchiostegal rays</i> (p) (<i>lateral view</i>)	76
Gambar 28. <i>Posttemporal</i> (z) (<i>dorsal view</i>).....	77
Gambar 29. <i>Cleithrum</i> (x) (<i>lateral view</i>)	78
Gambar 30. <i>Vetebrae</i> Ikan Nila (setelah preparasi)	79
Gambar 31. <i>Vertebra</i> batang (setelah preparasi).....	80
Gambar 32. <i>Vetebra</i> ekor (setelah preparasi).....	81
Gambar 33. <i>Vetebrae</i> Ikan Nila (<i>lateral view</i>).....	82
Gambar 34. <i>Ribs</i> Ikan Nila (<i>ventral view</i>).....	83
Gambar 35. <i>Vetebra</i> Ikan Nila (<i>ventral view</i>)	84
Gambar 36. <i>Vetebra</i> atlas (<i>lateral view</i>)	85

Gambar 37. <i>Vetebra</i> batang (ventral view)	87
Gambar 38. <i>Vetebra</i> ekor (<i>lateral view</i>).....	89
Gambar 39. <i>Dorsal fin</i> Ikan Nila (<i>lateral view</i>).....	91
Gambar 40. <i>Anal fin</i> Ikan Nila (<i>lateral view</i>).....	93
Gambar 41. <i>Caudal fin</i> Ikan Nila (<i>lateral view</i>)	95
Gambar 42. <i>Pectoral fin</i> Ikan Nila (<i>lateral view</i>)	97
Gambar 43. <i>Pelvic fin</i> Ikan Nila (<i>ventral view</i>).....	99
Gambar 44. <i>Fin spine</i> (<i>lateral view</i>)	101
Gambar 45. <i>Pterygiophores</i> (<i>ventral view</i>)	102
Gambar 46. <i>Anterior dorsal fin</i> (ketika preparasi).....	104
Gambar 47. <i>Anterior anal fin</i> (ketika preparasi)	106
Gambar 48. <i>Fin rays</i> (<i>ventral view</i>).....	107
Gambar 49. <i>Posterior dorsal fin</i> (setelah preparasi)	109
Gambar 50. <i>Posterior anal fin</i> (foto ketika sudah preparasi).....	110
Gambar 51. <i>Hypural</i> (<i>lateral view</i>).....	111
Gambar 52. <i>Uroneural</i> (<i>lateral view</i>)	113
Gambar 53. <i>Epural</i> (<i>lateral view</i>)	114
Gambar 54. <i>Caudal fin</i> (setelah preparasi).....	115
Gambar 55. <i>Basipterygium</i> (<i>lateral view</i>)	116
Gambar 56. <i>Radial</i> (<i>lateral view</i>).....	118
Gambar 57. <i>Scapula</i> (<i>lateral view</i>)	119

Gambar 58. Skeleton Ikan Nila (keseluruhan).....	121
Gambar 59. Home Canva.....	123
Gambar 60. Menentukan Ukuran Kertas.....	124
Gambar 61. Menambahkan Foto Unggahan.....	124
Gambar 62. Menambahkan Elemen.....	125
Gambar 63. Menambahkan Teks.....	125
Gambar 64. Menambahkan Halaman.....	126
Gambar 65. Mengunduh File Media.....	126
Gambar 66. Folder Download.....	127

DAFTAR LAMPIRAN

sssLampiran 1. Instrumen Ahli Media	158
Lampiran 2. Instrumen Ahli Materi.....	176
Lampiran 3. Instrumen Guru Biologi	192
Lampiran 4. Instrumen Respon Peserta Didik.....	217
Lampiran 5. Instrumen Peer Reviewer	235
Lampiran 6. Hasil Penilaian Ahli Media	257
Lampiran 7. Hasil Penilaian Ahli Materi	258
Lampiran 8. Hasil Penilaian Guru Biologi.....	259
Lampiran 9. Hasil Penilaian Respon Peserta Didik.....	261
Lampiran 10. Hasil Penilaian Peer Reviewer.....	263
Lampiran 11. Dokumentasi	265

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan biologi merupakan salah satu bidang ilmu yang berperan penting dalam membentuk pemahaman ilmiah dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Biologi tidak hanya mempelajari organisme secara deskriptif, tetapi juga menuntut pemahaman mendalam tentang mekanisme kehidupan yang kompleks, mulai dari tingkat seluler hingga ekosistem. Materi biologi yang berhubungan dengan struktur, fungsi, serta keanekaragaman makhluk hidup menuntut peserta didik untuk memahami konsep yang bersifat kompleks, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang konkret dan bermakna (Majid, 2008). Oleh karena itu, pembelajaran biologi harus dirancang agar tidak hanya menyampaikan informasi secara verbal, tetapi juga mampu mendorong peserta didik untuk aktif membangun pemahaman melalui pengalaman langsung yang bersifat ilmiah dan kontekstual.

Seiring dengan berkembangnya kurikulum dan teknologi pendidikan, proses pembelajaran biologi diharapkan mampu mengintegrasikan berbagai sumber belajar yang relevan, kontekstual, dan mudah dipahami oleh peserta didik melalui pendekatan yang lebih visual dan aplikatif (Yusuf, 2010). Kurikulum Merdeka yang diterapkan dalam sistem pendidikan nasional saat ini menekankan pentingnya pembelajaran berbasis proyek, observasi langsung, dan penguatan literasi sains. Pengembangan media dan sumber belajar yang inovatif menjadi kebutuhan yang tidak dapat diabaikan. Guru dituntut untuk secara aktif merancang pengalaman belajar yang tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (higher order thinking skills/HOTS) pada peserta didik (Kemendikbud, 2022). Tuntutan tersebut semakin relevan ketika dikaitkan dengan materi-materi biologi yang bersifat kompleks dan membutuhkan visualisasi mendalam, salah satunya adalah materi sistem gerak.

Sistem gerak merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran biologi kelas XI SMA/MA yang mencakup pemahaman tentang struktur dan fungsi tulang, sendi, serta otot yang bekerja secara sinergis dalam menghasilkan gerakan. Materi ini menuntut peserta didik

untuk tidak sekadar menghafal nama-nama tulang, tetapi juga memahami bagaimana komponen-komponen tersebut bekerja bersama secara fungsional. Namun pada kenyataannya, pemahaman peserta didik terhadap konsep sistem gerak seringkali masih bersifat terbatas hanya pada konteks tubuh manusia saja. Padahal, pemahaman yang lebih komprehensif dan mendalam justru dapat diperoleh melalui pendekatan komparatif, yaitu dengan membandingkan sistem rangka manusia dengan sistem rangka hewan vertebrata lainnya (Kardong, 2019). Pendekatan komparatif ini memungkinkan peserta didik melihat bahwa prinsip-prinsip dasar sistem gerak yang mereka pelajari pada tubuh manusia sesungguhnya bersifat universal di antara kelompok vertebrata, sehingga pemahaman konsep menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Pendekatan komparatif tersebut dapat diwujudkan dengan memanfaatkan keanekaragaman hayati lokal yang ada di sekitar peserta didik sebagai objek pembelajaran. Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, dan kekayaan ini merupakan aset pendidikan yang luar biasa karena organisme-organisme di lingkungan sekitar dapat dijadikan sebagai objek pembelajaran yang kontekstual,

otentik, dan mudah diakses. Pemanfaatan keanekaragaman hayati lokal sebagai sumber belajar tidak hanya menghemat biaya pengadaan bahan ajar, tetapi juga mendekatkan peserta didik dengan lingkungan mereka sendiri sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Dahar, 2011). Pada konteks pembelajaran sistem gerak secara komparatif, kelompok ikan atau Pisces menjadi salah satu pilihan objek yang sangat relevan karena merupakan kelompok vertebrata yang paling beragam, tersebar luas di berbagai ekosistem perairan, dan mudah ditemukan di lingkungan masyarakat Indonesia.

Salah satu spesies ikan yang sangat potensial untuk dijadikan objek kajian komparatif sistem gerak sekaligus dikembangkan sebagai sumber belajar adalah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Ikan Nila termasuk dalam kelas Actinopterygii, ordo Perciformes, dan famili Cichlidae, dengan struktur skeletal yang lengkap dan representatif mencakup neurokranium, splankhnokranium, kolumna vertebralis, tulang rusuk, dan rangka sirip yang keseluruhannya mencerminkan adaptasi morfofisiologis terhadap lingkungan akuatik (Zulfahmi *et al.*, 2020). Ikan Nila merupakan spesies air tawar yang tersebar luas di seluruh wilayah Indonesia dan memiliki nilai ekonomis penting dalam sektor perikanan budidaya (Dailami *et al.*,

2021). Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2022), Ikan Nila secara konsisten menjadi salah satu komoditas budidaya ikan air tawar dengan produksi terbesar di Indonesia, sehingga ketersediaannya sangat melimpah di lingkungan masyarakat, baik di pasar tradisional, kolam budidaya, maupun sungai. Keberlimpahan ini menjadikan Ikan Nila sebagai objek yang mudah diakses dan sangat kontekstual untuk dijadikan bahan kajian dalam pembelajaran biologi di sekolah.

Meskipun Ikan Nila sangat potensial sebagai objek kajian komparatif sistem gerak, ketersediaannya yang melimpah di lingkungan masyarakat belum diimbangi dengan tersedianya sumber belajar yang memvisualisasikan struktur rangkanya secara sistematis dan ilmiah. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru Biologi di SMA IT Abu Bakar Yogyakarta, ditemukan bahwa pembelajaran materi sistem gerak kelas XI masih sepenuhnya terfokus pada struktur rangka manusia, sementara kajian komparatif tentang sistem rangka hewan vertebrata belum pernah dibahas akibat keterbatasan waktu dan minimnya sumber belajar yang tersedia. Buku teks Biologi SMA Kurikulum Merdeka kelas XI pada bab "Mobilitas pada Manusia" juga tidak

mencakup pembahasan sistem rangka hewan, sehingga wawasan peserta didik mengenai keanekaragaman struktur rangka vertebrata masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan sumber belajar alternatif yang bersifat visual, mandiri, dan kontekstual, yang mampu menjembatani pemahaman sistem gerak manusia dengan variasi sistem rangka pada hewan vertebrata, sekaligus mendukung tujuan Kurikulum Merdeka dalam mendorong pembelajaran yang eksploratif dan berbasis realitas ilmiah.

Salah satu bentuk sumber belajar yang dapat menjawab kebutuhan tersebut adalah atlas anatomi. Atlas anatomi skeleton memungkinkan peserta didik melihat struktur tulang secara rinci, sistematis, dan visual sehingga informasi menjadi lebih mudah dipahami dan diingat. Berbeda dengan gambar dalam buku teks yang bersifat umum, atlas menyajikan dokumentasi fotografis atau ilustrasi ilmiah yang akurat dari spesimen nyata, dilengkapi dengan keterangan yang terstruktur dan komprehensif (Zunaidah & Amin, 2016). Pengembangan atlas sebagai sumber pembelajaran juga sejalan dengan prinsip teori belajar konstruktivisme, di mana pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi dengan representasi konkret dari dunia nyata (Trianto,

2010). Atlas skeleton Ikan Nila diharapkan mendorong peserta didik untuk secara aktif mengamati, mengidentifikasi, dan menginterpretasikan berbagai komponen rangka ikan. Kemudian menghubungkannya dengan konsep sistem gerak manusia yang telah mereka pelajari, sehingga terjadi proses pembangunan pengetahuan yang lebih dalam, komparatif, dan bermakna.

Atlas anatomi skeleton Ikan Nila yang mampu menjadi sumber belajar sistem gerak yang akurat dan detail, dibutuhkan teknik preparasi spesimen yang tepat agar struktur tulang dapat ditonjolkan secara nyata dan fotografis. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan metode maserasi dalam preparasi skeletal ikan. Metode ini dirancang khusus untuk menguraikan jaringan ikat dan otot sembari mempertahankan kekokohan struktur kalsium tulang, sehingga menghasilkan spesimen awetan rangka yang bersih dan proporsional. Hasil preparasi yang teliti tersebut menjadi prasyarat mutlak agar bentuk, letak, dan susunan tulang ikan dapat didokumentasikan secara fotografis dengan tingkat kejelasan yang tinggi dan alur yang sistematis, sehingga materi yang disajikan dalam atlas menjadi lebih mudah dipahami dan digunakan sebagai rujukan komparatif oleh peserta didik (Taylor & Van Dyke, 1985).

Berdasarkan uraian di atas, studi anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan pembuatan atlas visualnya sebagai sumber belajar biologi merupakan langkah yang penting dan strategis. Atlas visual ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan antara kebutuhan pemahaman komparatif sistem gerak hewan vertebrata di tingkat SMA/MA dengan keterbatasan sumber belajar yang ada, sekaligus memberikan kontribusi ilmiah berupa dokumentasi skeletal Ikan Nila yang sistematis sebagai referensi zoologi dan sumber belajar komparatif yang memperkaya pemahaman peserta didik terhadap materi sistem gerak dalam pembelajaran Biologi kelas XI SMA/MA di Indonesia.

B. Identifikasi Masalah

1. Pembelajaran materi sistem gerak pada peserta didik kelas XI di SMA IT Abu Bakar Yogyakarta masih sepenuhnya terfokus pada struktur rangka manusia, sementara kajian komparatif terhadap sistem rangka hewan vertebrata khususnya kelompok ikan atau pisces, belum pernah dibahas akibat keterbatasan waktu dan minimnya sumber belajar yang tersedia..
2. Buku teks Biologi SMA Kurikulum Merdeka kelas XI pada bab "Mobilitas pada Manusia" tidak

memuat pembahasan sistem rangka hewan vertebrata, sehingga wawasan peserta didik terhadap keanekaragaman struktur rangka vertebrata dan kaitannya dengan sistem gerak manusia masih sangat terbatas.

3. Kajian anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) secara deskriptif dan sistematis masih sangat terbatas, sehingga dokumentasi ilmiah yang menggambarkan keseluruhan komponen sistem rangka pada spesies ini sebagai bahan kajian komparatif sistem gerak belum tersedia secara memadai.
4. Belum tersedianya sumber belajar berbasis atlas visual yang menyajikan struktur anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) secara nyata, detail, dan sistematis sebagai sumber belajar komparatif yang mampu menjadi penghubung pemahaman peserta didik terhadap materi sistem gerak manusia dengan variasi sistem rangka pada hewan vertebrata di kelas XI SMA/MA.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah gambaran secara umum anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)?

2. Bagaimanakah desain atlas anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar peserta didik?
3. Bagaimanakah kelayakan penggunaan atlas visual struktur *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar peserta didik kelas XI SMA/MA?
4. Bagaimana kepraktisan peserta didik terhadap atlas visual struktur *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar Biologi?

D. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya mengkaji gambaran secara umum dari anatomi *skeleton* pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
2. Bagian anatomi yang dikaji dalam penelitian ini hanya meliputi sistem rangka (*skeleton*), baik itu bagian *aksial* (tengkorak dan tulang belakang) maupun *apendikular* (sirip dan tulang sirip).
3. Atlas yang disusun dalam penelitian ini hanya mencakup gambar atau foto dari struktur rangka Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), nama latin dari bagian-bagian rangka dan keterangan singkat.
4. Sumber pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini berupa buku cetak atau digital atlas anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*),

tanpa melibatkan pengembangan aplikasi interaktif atau multimedia lainnya.

5. Subjek penelitian dalam uji kelayakan atlas pada penelitian ini hanya dibatasi untuk:
 - a. 2 orang ahli, yaitu 1 ahli materi dan 1 ahli media
 - b. 5 orang peer reviewer
 - c. 1 Guru mata pelajaran Biologi
 - d. 15 peserta didik kelas XI SMA IT Abu Bakar Yogyakarta

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, diantaranya :

1. Untuk mengetahui gambaran anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
2. Untuk mengetahui pembuatan atlas struktur *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar Biologi untuk peserta didik.
3. Untuk mengetahui kelayakan penggunaan atlas visual anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar Biologi peserta didik kelas XI SMA/MA.
4. Mengetahui kepraktisan peserta didik terhadap atlas visual struktur *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar Biologi.

F. Spesifikasi Produk yang Dibuat

Spesifikasi produk yang dibuat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Atlas berbentuk media cetak yang berisi materi anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
2. Materi anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang berada di dalam atlas berupa Gambar disertai dengan deskripsi dan keterangan dari bagian-bagian tulangnya.
3. Atlas tidak hanya dapat digunakan sebagai sumber belajar peserta didik namun juga mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Sunan Kalijaga.
4. Atlas yang disusun didasarkan dari aspek kelayakan grafis/penyajian, kelayakan isi, kelayakan bahasa, keterlaksanaan dan ketertarikan.
5. Atlas terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian pembuka, inti dan penutup. Bagian pembuka meliputi *cover*, kata pengantar dan daftar isi. Bagian inti meliputi materi sistem *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), deskripsi morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan deskripsi anatomi *skeleton* Ikan Nila (*Oreochromis*

niloticus). Sedangkan bagian penutup meliputi glosarium, daftar isi dan biodata penulis.

G. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan di bidang anatomi hewan, terutama tentang struktur *skeleton* ikan air tawar. Pengetahuan dalam penelitian ini berguna sebagai dasar dari ilmiah yang mendukung pengembangan materi biologi pada jenjang SMA, terutama topik sistem gerak dan anatomi vertebrata.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peserta didik

Atlas *skeleton* Ikan Nila yang dihasilkan dari penelitian ini bisa digunakan sebagai media pembelajaran visual yang menarik dan mudah dipahami untuk para peserta didik, sehingga peserta didik dapat memahami struktur dari kerangka hewan dengan lebih konkret dan kontekstual, terutama pada materi sistem gerak kelas XI.

b. Bagi Guru Biologi

Atlas ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar tambahan yang dengan metode pembelajaran guru biologi, mendukung

pendekatan pembelajaran yang berbasis kontekstual (*Contextual Teaching and Learning*), dan membantu guru dalam menjelaskan suatu materi yang lebih interaktif dan aplikatif.

c. Bagi Sekolah

Produk atlas yang berbasis hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan ajar lokal yang memanfaatkan potensi keanekaragaman hayati di sekitar lingkungan sekolah, serta dapat mendukung kurikulum merdeka sebagai pendorong pemanfaatan dari sumber belajar relevan dan kontekstual.

d. Bagi Penelitian Muda

Penelitian ini dapat dijadikan contoh atau inspirasi bagi peserta didik dalam melakukan penelitian ilmiah melalui pengamatan langsung.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) terdiri dari dua sistem utama, yaitu skeleton aksial dan skeleton apendikular. Skeleton aksial mencakup neurokranium (tengkorak), splankhnokranium (rahang dan insang), serta kolumna vertebralis yang terdiri dari vertebra atlas, vertebra batang (*trunk vertebrae*), dan vertebra ekor (*caudal vertebrae*). Setiap ruas vertebra memiliki komponen khas berupa *neural spine*, *neural arch*, *neural canal*, *centrum*, serta pada vertebra ekor terdapat *hemal arch*, *hemal canal*, dan *hemal spine* yang berfungsi melindungi pembuluh darah utama. Skeleton apendikular terdiri dari sirip dorsal, sirip anal, sirip kaudal, sirip pektoral, dan sirip pelvis beserta tulang penyokongnya (*pterygiophores*) yang berperan dalam pergerakan, stabilitas, dan manuver ikan di dalam air.
2. Atlas anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) berhasil dibuat sebagai sumber belajar

peserta didik dalam bentuk media cetak. Atlas ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu bagian pembuka (cover, kata pengantar, dan daftar isi), bagian inti (deskripsi morfologi, materi sistem skeleton aksial dan apendikular disertai foto dokumentasi langsung dan keterangan nama Latin masing-masing tulang), serta bagian penutup (glosarium, daftar pustaka, dan biodata penulis). Proses pembuatan atlas menggunakan aplikasi Canva dengan ukuran kertas B5, dan dilengkapi kuis singkat untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik.

3. Kelayakan atlas anatomi skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber belajar peserta didik kelas XI SMA/MA telah divalidasi dan memperoleh penilaian yang sangat baik dari berbagai pihak. Ahli media memberikan penilaian sebesar 81% (kategori Layak), ahli materi sebesar 97% (kategori Sangat Layak), guru biologi SMA/MA sebesar 97% (kategori Sangat Layak), dan *peer reviewer* sebesar 94% (kategori Sangat Layak). Hasil penilaian tersebut menunjukkan bahwa atlas ini layak digunakan sebagai sumber belajar biologi, khususnya pada materi sistem gerak hewan di jenjang SMA/MA.
4. Kepraktisan dari peserta didik terhadap atlas visual struktur skeleton Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan hasil yang sangat positif. Berdasarkan uji terbatas yang melibatkan 15

peserta didik kelas XI SMA IT Abu Bakar Yogyakarta, diperoleh persentase respons sebesar 89% (kategori Sangat Layak). Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik menerima atlas tersebut dengan baik sebagai sumber belajar biologi yang menarik, mudah dipahami, dan relevan dengan kebutuhan belajar mereka.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan selama proses penelitian, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat mengembangkan atlas serupa untuk spesies ikan air tawar lain yang juga memiliki potensi lokal tinggi, atau memperluas cakupan materi anatomi Ikan Nila tidak hanya pada sistem skeleton, tetapi juga pada sistem organ lainnya seperti sistem pencernaan, pernapasan, dan reproduksi.
2. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan uji kelayakan yang lebih luas, tidak hanya terbatas pada peserta didik, tetapi juga melibatkan lebih banyak guru biologi dari berbagai sekolah dan validator ahli lintas institusi, sehingga hasil validasi dapat lebih representatif dan komprehensif.

3. Bagi peneliti selanjutnya, atlas ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi media pembelajaran berbasis digital atau multimedia interaktif, misalnya dalam bentuk e-book, aplikasi mobile, atau augmented reality (AR), sehingga lebih sesuai dengan perkembangan teknologi pendidikan dan kebutuhan generasi peserta didik saat ini.
4. Bagi guru biologi, atlas anatomi skeleton Ikan Nila ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar pendamping dalam menyampaikan materi sistem gerak kelas XI, terutama untuk memperkuat pemahaman peserta didik terhadap struktur tulang vertebrata secara konkret dan kontekstual.
5. Bagi sekolah, diharapkan dapat mendukung ketersediaan media pembelajaran berbasis potensi lokal seperti atlas ini sebagai upaya peningkatan kualitas pembelajaran biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2015). *Pembelajaran Multiliterasi: Sebuah Jawaban atas Tantangan Pendidikan Abad ke-21 dalam Konteks Keindonesiaan*. Bandung: Refika Aditama.
- Affandi, R., Sjafei, D. S., Rahardjo, M. F., & Sulistiono. (1992). *Fisiologi Ikan: Pencernaan dan Penyerapan Makanan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat, Institut Pertanian Bogor.
- Akmal, Y., & Rahardjo, M. F. (2018). Morphology of appendicular skeleton of the Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(3), 261-274.
- Anene, A., & Okorie, P. U. (2018). Morphometric and meristic studies of *Oreochromis niloticus* from three rivers in Anambra State, Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13(1), 36-42.
- Arfiati, D., Farkha, K., & Anugerah, D. P. (2022). *Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. Malang: Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Assyauqi, M. I. (2020). Model Pengembangan Borg and Gall. *Institut Agama Islam Negeri Antasari Banjarmasin*, (December), 2-8.
- Bond, C. E. (1979). *Biology of Fishes*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Cahyadi, A. (2019). *Pengembangan Media dan Sumber Belajar (Teori dan Prosedur)*. Serang: Laksita Indonesia.

- Cardoso, L., *et al.* (2024). *Advanced Ichthyology: Morphology and Physiology of Cichlids*. San Diego: Academic Press.
- Conith, A. J., Baumgart, S. L., Hu, Y., & Albertson, R. C. (2020). Genetic and developmental origins of trophic adaptation in cichlid fishes. *Journal of Experimental Biology*.
- Conith, A. J., *et al.* (2019). Genetic and developmental origins of the opercular bone series in teleost fishes. *Evolution & Development*, 21(3), 132-146.
- Dahar, R. W. (2011). *Teori-teori belajar dan pembelajaran*. Jakarta: Erlangga.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D., & Toha, A. H. A. (2021). *Ikan Nila*. Malang: Penerbit Brainy Bee.
- Dale, E. (1969). *Audiovisual methods in teaching* (3rd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- De Iuliis, G., & Pulerà, D. (2019). *The dissection of vertebrates*. San Diego: Academic Press.
- Dierickx, K., Wouters, W., & Van Neer, W. (2017). Comparative osteological study of three species of distinct genera of Haplotilapiini (Cichlidae). *Cybium: International Journal of Ichthyology*, 41(3), 223–235.
- Drucker, E. G., & Lauder, G. V. (2003). Function of pectoral fins in rainbow trout: behavioral repertoire and hydrodynamic forces. *Journal of Experimental Biology*, 206(5), 813-826.
- Ernita, *et al.* (2020). Perbandingan secara anatomi insang Ikan Keureling (*Tor tambroides*), Ikan Mas (*Cyprinus*

carpio) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Veteriner*, 21(2), 234–246.

- Ferrando, S., *et al.* (2017). Skeletal System of Teleosts: Morphological and Functional Aspects. *Journal of Fish Biology Research*, 12(3), 145-158.
- Ferrito, V., *et al.* (2022). Skeletal Patterns in Teleost Fishes: A Comparative Study. *Journal of Fish Biology*, 100(3), 542-560.
- Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2022). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- Fujimura, K., & Okada, N. (2017). Development of the skull and the skeletal system in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Morphological Science*, 105(1), 45-58.
- Getahun, A. (2020). Morphological diversity and taxonomy of African cichlid fishes. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(4), 462-485.
- Gomez, P., *et al.* (2019). *The Functional Osteology of Freshwater Fishes*. Cham: Springer Nature.
- Habib, M., Yousuf, M., Asadujjaman, M., Minar, M., Chowdhury, M., & Hossain, M. (2016). Study on the skeletal system of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(6), 95-99.
- Hamalik, O. (2010). *Proses belajar mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Handayani, S., Sukmono, T., & Afrizal, A. (2023). Studi Morfometrik dan Osteologi Perbandingan Ikan

Famili Cyprinidae di Perairan Darat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 19(1), 45-56.

Hasyim, A., & Nur, M. (2021). *Osteologi Ikan Air Tawar Indonesia*. Jakarta: LIPI Press/Penerbit BRIN.

Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology* (2nd ed.). West Sussex: Wiley-Blackwell.

Hussain, M. A., *et al.* (2021). Comparative Study on the Vertebral Column of Tropical Fish Species. *International Journal of Aquatic Biology*, 9(2), 115-128.

Imura, K., Ogino, K., & Takagi, W. (2024). Cellular and molecular mechanisms of bone remodeling and vagal innervation in the mandibular structures of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fish Biology*, 104(2), 312-328.

Jawad, L.A. (2024). Osteological features of some clupeid fishes (Teleostei: Clupeiformes) of Iran. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 53: e13070. DOI: 10.1111/ah.13070

Kalish-Achrai, Y., Shahr, R., & Dean, M. N. (2017). Structure, composition, mechanics and growth of spines of the dorsal fin of blue tilapia *Oreochromis aureus* and common carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology*, 90(5), 1810-1835.

Kardong, K. V. (2019). *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*. New York: McGraw-Hill Education.

- Kemendikbudristek. (2022). *Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran*. Jakarta: Kemendikbudristek.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2022). *Data Statistik Produksi Perikanan Budidaya*. Jakarta: KKP.
- Komalasari. (2010). *Pembelajaran kontekstual: Konsep dan Aplikasi*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Krismiati, R. (2021). *Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa, Bonggol Jagung, dan Limbah Kardus pada Media Tanam Terhadap Produktivitas Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus) dan Pengembangannya Dalam Bentuk Booklet Sebagai Sumber Belajar Mandiri SMA/MA [Skripsi]*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Kusrini, E., *et al.* (2020). Studi Morfologi dan Osteologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Perairan Tawar Indonesia. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 20(1), 45-56.
- Kusuma, R. D., *et al.* (2018). Pengembangan Atlas Keanekaragaman Hayati Berbasis Potensi Lokal untuk SMK Jurusan Pertanian. *Jurnal Pendidikan*, 3(3), 296-301.
- Lauder, G. V., & Madden, P. G. (2016). Fish locomotion: kinematics and hydrodynamics of flexible foil-like fins. *Experiments in Fluids*, 43(5), 641-653.
- Lira, M. G., Santos, A. B., & Oliveira, E. G. (2019). Sexual dimorphism in morphometric characteristics of Nile

- tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 50(7), 1918-1925.
- Majid, A. (2008). *Perencanaan Pembelajaran, Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Bandung: PT. Rosda Karya.
- Maryuliana, M., Subroto, I. M. I., & Haviana, S. F. C. (2016). Sistem informasi angket pengukuran skala kebutuhan materi pembelajaran tambahan sebagai pendukung pengambilan keputusan di sekolah menengah atas menggunakan skala likert. *TRANSISTOR Elektro dan Informatika*, 1(1), 1-12.
- Masang, A. (2021). *Filsafat pendidikan: Hakikat pendidikan dalam perspektif filosofis*. Yogyakarta: Deepublish.
- Mortuza, M. G., & Rahman, M. S. (2016). Meristic and morphometric variation of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from different natural waters of Bangladesh. *International Journal of Aquaculture*, 6(32), 1-9.
- Mustafa, S., *et al.* (2018). Skeletal development and anomalies in cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 49(5), 1820-1835.
- Nasir, M. (2023). *Anatomi dan Fisiologi Ikan: Pendekatan Akademik*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World* (5th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Nurdyansyah, N., & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran Sesuai Kurikulum 2013*. Sidoarjo: Nizamia Learning Center.

- Oliveira, A. M., Conte, L., & Cyrino, J. E. (2017). Morphological characterization of Nile tilapia strains. *Scientia Agricola*, 74(6), 444-451.
- Palma, J., & Andrade, J. P. (2015). Morphological study of the pelvic and pectoral girdles in teleost fishes. *Journal of Morphology*, 276(11), 1345-1358.
- Rahardjo, M. F., Sjafei, D. S., Affandi, R., & Sulistiono. (2011). *Iktiologi*. Bandung: Lubuk Agung.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics integrating fish and plant culture. *SRAC Publication*, 454, 1-16.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research: Methods, Strategies and Issues*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ritonga, A. P., Andini, N. P., & Iklimah, L. (2022). Pengembangan bahan ajaran media. *Jurnal Multidisiplin Dehasen (MUDE)*, 1(3), 343-348.
- Ruhimat, M., Supriatna, N., & Kosim. (2007). *Ilmu Pengetahuan Sosial (Geografi, Sejarah, Sosiologi, Ekonomi)*. Jakarta: Grafindo Media Pratama.
- Sanjaya, B., Sarimaya, F., & Nugraha, I. A. (2010). *IPS Untuk Siswa SMP dan Mts Kelas VII*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Kementerian Pendidikan Nasional.
- Santos, M. L., et al. (2019). Functional Morphology of the Caudal Fin and Vertebrae in Nile Tilapia. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(4), 890-902.

- Sari, R. (2012). Hakikat pembelajaran biologi di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Sidlauskas, B. L., *et al.* (2021). Comparative Osteology, Phylogeny and Classification of *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae). *Taxonomy*, 1(2), 160–191.
- Standen, E. M. (2008). Pelvic fin locomotor function in fishes: three-dimensional kinematics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Experimental Biology*, 211(18), 2931-2942.
- Stiassny, M. L. (2000). Skeletal system. Dalam *The Laboratory Fish* (pp. 109-118). San Diego: Academic Press.
- Sudjana, N., & Rivai, A. (2010). *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sumardani, D., Nurhayati, A., & Dhahiyat, Y. (2020). Deskripsi Osteologi Ikan Endemik dan Kaitannya dengan Adaptasi Lingkungan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 11(2), 112-120.
- Taylor, W. R., & Van Dyke, G. C. (1985). Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, 9(2), 107-119.
- Thorsen, D. H., & Westneat, M. W. (2005). Diversity of pectoral fin structure and function in fishes with labriform propulsion. *Journal of Morphology*, 263(2), 133-150.

- Tjitrosoepomo, G. (1991). *Taksonomi Umum (Dasar-dasar Taksonomi Tumbuhan)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Trianto. (2010). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif: Konsep, Landasan, dan Implementasinya pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Jakarta: Kencana.
- Van de Kelft, T., De Schepper, N., & Adriaens, D. (2017). Evolutionary morphology of the mandible in cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae): Adaptations for trophic efficiency. *Biological Journal of the Linnean Society*, 122(3), 579-594.
- Welcomme, R. L., & Vidthayanon, C. (2020). The impacts of introduced and translocated freshwater fishes in tropical countries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), 213-232.
- Witten, P. E., & Huysseune, A. (2020). The Skeleton of Fishes: Structure, Development, and Evolution. Dalam *The Physiology of Fishes* (5th ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Witten, P. E., & Huysseune, A. (2024). The Skeleton of Nile Tilapia: Development and Functional Anatomy. *Journal of Fish Biology*, 104(2), 345-360.
- Yuliana, E., & Syakti, A. D. (2020). *Biologi Perikanan*. Bogor: IPB Press.
- Yurif, S. D. (2019). Representasi Visual Image Dalam Fotografi Landscape Ansel Adam. *GESTALT*, 1(2), 156-167.

- Yusuf, P. M. (2010). *Komunikasi Instruksional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Zamroni, M. A. (2020). Penerapan sistem informasi manajemen pendidikan dalam proses pembelajaran di smp negeri 1 dlanggu. *Munaddhomah: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(1), 11-21.
- Zulfahmi, I., Akmal, Y., Radhi, M., Hidayat, M., & Muliari, M. (2020). Comparative osteology of Tor tambroides (Bleeker, 1854) and Tor tambra (Valenciennes 1842) vertebral column (ossa vertebrae). *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 20(3), 235.
- Zunaidah, F. N., & Amin, M. (2016). Pengembangan bahan ajar matakuliah Bioteknologi berdasarkan kebutuhan dan karakter mahasiswa Universitas Nusantara PGRI Kediri. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(1), 19-30.