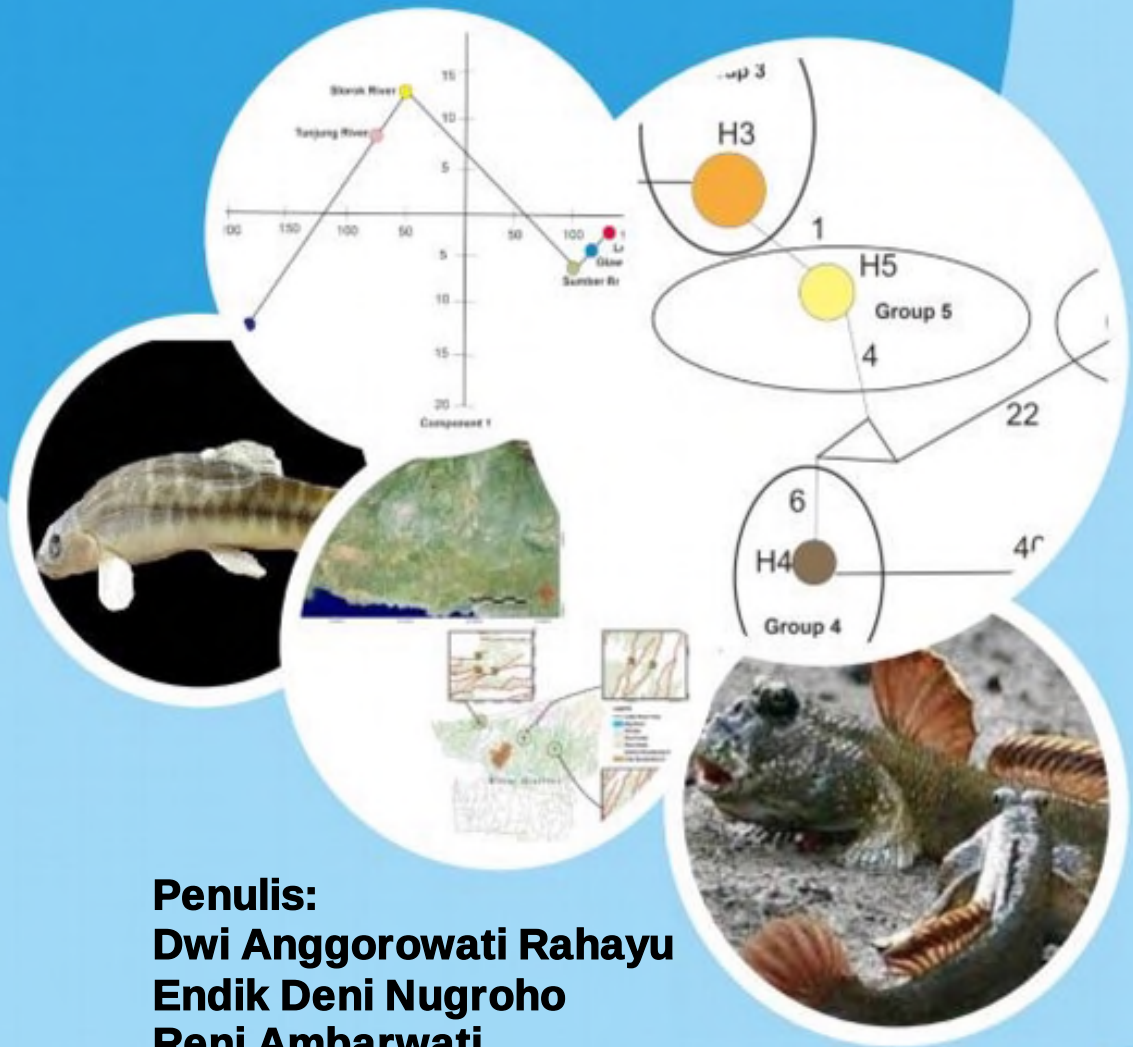


SISTEMATIKA IKAN

Teori dan Aplikasi



Penulis:
Dwi Anggorowati Rahayu
Endik Deni Nugroho
Reni Ambarwati
Sunu Kuntjoro
Winarsih



**PT Mitra Edukasi
dan Publikasi**

SISTEMATIKA IKAN

Teori dan Aplikasi

Penulis

Dwi Anggorowati Rahayu
Endik Deni Nugroho
Reni Ambarwati
Sunu Kuntjoro
Winarsih



**PT Mitra Edukasi
dan Publikasi**



SISTEMATIKA IKAN

Teori dan Aplikasi

Penulis :

Dwi Anggorowati Rahayu
Endik Deni Nugroho
Reni Ambarwati
Sunu Kuntjoro
Winarsih

ISBN : 978-623-09-0936-8

Editor :

Utama Alan Deta, M.Pd., M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak :

Alfi Nurlailiyah, S.Pd.

Penerbit :

PT. Mitra Edukasi dan Publikasi

Anggota IKAPI No. 358/JTI/2022

Redaksi :

PT. Mitra Publikasi dan Edukasi
Griya Taman Asri AB/26,
Tawangsari, Taman, Sidoarjo 61257
WA: 0895-4298-51500
IG: @edupartner.publishing
Email: edupartner.publishing@gmail.com
Website: <https://buku.edupartnerpublishing.co.id/>

Cetakan Pertama, Oktober 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa ijin tertulis dari penulis dan penerbit.

Prakata

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dewasa ini dunia telah dihadapkan pada masalah ancaman krisis keanekaragaman hayati (biodiversitas) dan sebagian besar ancaman itu berada di Negara tropis Indonesia. Minimnya informasi biodiversitas di Indonesia, memunculkan kekhawatiran beberapa spesies hayati sudah punah sebelum dikenali. Salah satu keanekaragaman hayati Indonesia yang melimpah adalah ikan. Ikan merupakan hewan yang banyak bersinggungan dalam kehidupan. Namun, keberadaannya nyaris tidak diperhatikan, terutama keberadaan ikan lokal Indonesia yang belum teridentifikasi.

Kurangnya informasi biodiversitas ikan yang diperlukan untuk tujuan konservasi dan pemanfaatan ditengarai dengan kurangnya ahli taksonomi untuk memberikan informasi kekayaan hayati dan potensinya di negeri ini. Untuk mengantisipasi krisis informasi tersebut, pemahaman taksonomi dan sistematika beserta pembelajarannya sangat diperlukan.

Bab 1 dan 2 memaparkan tentang perbedaan mendasar antara taksonomi dan sistematika, penjelasan tentang perbedaan ruang lingkup keduanya. Penjelasan ini penting sebagai dasar dan konsep yang harus dipegang oleh peneliti maupun mahasiswa sebagai dasar merancang penelitian selanjutnya. Bab 3 fokus pada penjelasan morfologi ikan, meliputi bagian-bagian tubuh ikan mulai dari bentuk tubuh, bentuk kepala ikan, letak sungut, tulang tambahan pada tutup insang, bagian badan ikan, jenis sisik ikan, serta anggota gerak pada ikan. Pada Bab 4 akan dijelaskan karakter morfometrik dan meristrik ikan, serta bagaimana menentukan kedua karakter tersebut dalam identifikasi ikan.

Bab 5 akan dijelaskan seluk beluk tahapan dalam identifikasi ikan. Buku ini menjelaskan cara identifikasi ikan mulai dari penentuan objek, menentukan perbedaan dan persamaan karakter, mengklasifikasikan ikan, dan memberi nama (*nomenclature*). Bab 6 dijelaskan tentang distribusi ikan di Indonesia. Bahasan diawali dengan penjelasan garis Weber dan Wallance. Selanjutnya, Pada Bab 7 juga menyajikan berbagai metode koleksi ikan dan sampling ikan.

Pada Bab 8 dalam buku ini menjelaskan pendekatan morfologi dalam keilmuan taksonomi, mulai dari tahapan analisis dari hasil analisis karakter morfologi sampai contoh hasil analisis. Mulai Bab 9 hingga 11 fokus pada prinsip-prinsip dasar molekuler untuk mempelajari sistematika ikan. Penjelasan tentang marka molekuler yang tepat dan cepat untuk identifikasi ikan (*DNA Barcode*) dijelaskan dengan rinci, primer spesifik yang digunakan, cara memperoleh data molekuler, solusi dan trik menangani kesulitan yang ditemukan untuk mendapatkan data molekuler, dan cara analisis data yang tepat sesuai data yang ada.

Alhamdulillahirobil'alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayahNya hingga terselesaikan penulisan buku ini dengan judul "Sistematika Ikan (Teori dan Aplikasi)". Buku ini memberikan penyegaran dan penguatan konsep dasar terkait sistematika ikan bagi mahasiswa S1 bidang Biologi, khususnya mahasiswa Universitas Negeri Surabaya, mahasiswa Perikanan, peneliti pemula maupun senior dan praktisi yang menggeluti bidang iktiologi khususnya taksonomi. Buku ini merujuk pada teori yang menjelaskan mengenai sistematika ikan yang bersumber dari berbagai literatur. Selain itu, materi dalam buku ini juga ditunjang hasil penelitian dari berbagai jurnal termasuk penelitian penulis sendiri.

Terimakasih yang sebesar-besarnya atas review dari Prof. Dr. Ir Diana Afriati, M.S (Guru Besar Perikanan Universitas Brawijaya), Dr. Haryono, M.Si (Peneliti Ikan BRIN), bimbingan dan arahan Prof. Dr. agr.

Moh. Amin, S.Pd., M.Si., Dr. Umie Lestari, M.Si serta berbagai pihak atas saran dan kritiknya.

Karya ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan. Semoga buku ini memberikan banyak manfaat kepada pembaca, pemerhati keanekaragaman ikan di Indonesia dan kemajuan pendidikan Indonesia.

1 September 2022

Penulis

Daftar Isi

Halaman Sampul	i
Prakata	iii
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xv

BAB 1	Pendahuluan	1
BAB 2	Pemahaman Taksonomi & Sistematika	6
2.1	Pengertian Sistematika	7
2.2	Profesi dan Tugas Ahli Sistematika	11
2.3	Perkembangan Sistematika	12
2.4	Paham-Paham Dalam Taksonomi	14
2.4.1	Taksonomi Numerik	15
2.4.2	Biologi Evolusi	17
2.4.3	Sistematika Filogeni	18
BAB 3.	MORFOLOGI IKAN	26
3.1.	Bagian –Bagian Tubuh Ikan	25
3.2.	Bentuk Tubuh	27
3.3.	Bentuk Kepala Ikan	32
3.4.	Letak Sungut	34
3.5.	Tulang-Tulang Tambahan Pada Tutup Insang	34
3.6.	Bagian-Bagian Badan Ikan	36
3.7.	Anggota Gerak Ikan	43
3.8.	Ekor Ikan	47
3.9.	Pigmentasi dan Pola Warna	49

BAB 4.	Ciri Morfometrik & Meristik	55
4.1.	Meristik Dan Karakter Lainnya Yang Dapat Hitung..	56
4.1.1.	Menghitung Jumlah Jari-Jari Sirip	57
4.1.2.	Menghitung Jumlah Sisik	61
4.1.3.	Jumlah Finlet	64
4.1.4.	Jumlah Insang	65
4.1.5.	Organ-organ Dalam	65
4.2.	Ciri Morfometrik	65
4.2.1.	Pengumpulan Data Morfometrik	67
4.2.2.	Penentuan Karakter Morfometrik	69
 BAB 5.	 Identifikasi Ikan	 78
5.1.	Penggunaan Kunci Identifikasi	80
5.2.	Penuntun Identifikasi dari Ciri-Ciri Ikan yang Menonjol	83
5.3.	Petunjuk Penyusunan Kunci Identifikasi Sederhana..	83
5.4.	Klasifikasi	87
5.5.	Ciri-Ciri Klasifikasi Kelas Ikan	99
5.5.1.	Kelas Myxini	90
5.5.2.	Kelas Cephalaspidomorphi	91
5.5.3.	Kelas Holocephali	92
5.5.4.	Kelas Elasmobranchii	93
5.5.5.	Kelas Sarcopterygii	93
5.5.6.	Kelas Actinopterygii	94
5.6.	CATATAN	95
 BAB 6 .	 Distribusi Ikan	 96
6.1.	Teori Distribusi Ikan	97
6.2.	Teori Kepunahan Spesies Ikan	98
6.3.	Faktor Hambatan Terhadap Distribusi Ikan	99
6.4.	Distribusi Ikan	100
6.4.1.	Distribusi Geologis	100
6.4.2.	Distribusi Geografi	101
6.4.3.	Distribusi Ekologis	104
6.5.	Distribusi Ikan di Indonesia	108

BAB 7.	Pengelolaan Koleksi Ikan	111
7.1.	Alur Kerja	112
7.2.	Teknik Koleksi di Lapangan	114
7.3.	Penanganan Koleksi	116
7.3.1.	Fiksasi	116
7.3.2.	Pemilahan	118
7.3.3.	Pencucian	118
7.3.4.	Pengawetan (<i>preservasi</i>)	119
7.3.4.	Pewadahan	120
7.4.	Penataan	121
7.5.	Pendataan	121
7.6.	Pemeliharaan	123
BAB 8	Pendekatan Morfologi Dalam Taksonomi	125
8.1.	Tahapan Identifikasi dengan Taksonomi Numerik	127
8.2.	Fenogram Berdasarkan Taksonomi Numerik	129
8.3.	Pengelompokkan Berdasarkan Karakter Morfometrik	140
BAB 9	Sistematika Dalam Pendekatan Molekuler	146
9.1.	Sistematika Molekuler	147
9.2.	Dasar-dasar Analisis Kladistik	149
9.3.	Memilih Gen untuk Merekonstruksi Pohon Filogeni	151
9.4.	Jenis Gen Berdasarkan Letaknya dalam Prespektif Filogeni	152
9.4.1.	Gen inti	153
9.4.1.1.	Gen Multiganda	153
9.4.1.2.	Gen Tunggal Penyandi Protein	154
9.4.2.	Gen Mitokondria	154
9.5.	Alur Kerja DNA Barcode	159
BAB 10	Tahapan Dalam Memperoleh Data Molekuler	162
10.1.	Ekstraksi DNA	162
10.1.1.	Isolasi DNA Dari Jaringan Secara Manual	162
10.1.2.	Isolasi DNA menggunakan <i>DNA Isolation</i> <i>Mini Kit (ROCHE)</i>	168
10.2.	Pengukuran Konsentrasi Molekul DNA	169
10.2.1.	Uji Kuantitatif DNA	170

10.2.2.	Uji Kualitatif DNA	171
10.3.	<i>Polimerase Chain Reaction (PCR)</i>	173
10.3.1.	Prinsip Umum PCR	173
10.3.2.	Pemilihan Primer Spesifik	179
10.4.	Sekuen Fragmen DNA (Sekuensing)	186
10.4. 1.	Prinsip Dasar DNA Sekuensing	188
10.5.	Tahapan Analisis Sekuen DNA	191
10.5.1.	Program Sequence Scanner atau Finch TV	191
10.5.2.	Pencocokan Sekuen Gen Dengan NCBI BLAST	200
10.5.3.	Translasi Protein Dengan Biology WorkBench	204
10.5.4.	Cara Mengapus Sekuen Menggunakan Bioedit	208
10.5.5.	<i>Sequence Alignment</i>	211
10.5.6.	Konstruksi Topologi Filogenetik	217
10.5.6.1.	Metode <i>Maximum Parsimony</i>	222
10.5.6.2.	Metode Distance/Jarak Genetik	223
10.5.6.3.	Metode <i>Maximum Likelihood</i>	223
10.5.6.4.	Uji Realibilitas Topologi Filogenetik	224
BAB 11.	Aplikasi Sistematika Dalam Penelitian	226
11.1.	Studi Kasus Taksonomi 1	227
11.1.1.	Permasalahan	227
11.1.2.	Pendekatan Penyelesaian Masalah	228
11.1.3.	Hasil Analisis	229
11.2.	Studi Kasus Taksonomi 2	232
11.2.1.	Permasalahan	223
11.2.2.	Pendekatan Penyelesaian Masalah	234
11.2.3.	Hasil Analisis	235
11.3.	Studi Kasus Taksonomi 3	242
11.3.1.	Permasalahan	242
11.3.2.	Pendekatan Penyelesaian Masalah	243
11.3.3.	Hasil Analisis	244

Daftar Gambar

Gambar BAB 2

Gambar 2.1.	Contoh fenogram dari hasil Analisis fenetik	16
Gambar 2.2.	Contoh Pengelompokan ikan Sengkaring, Tamba dengan spesies acuan berdasarkan karakter morfometrik dengan menggunakan Principle Component Analysis (PCA)	17
Gambar 2.3.	Penelusuran penyebaran karakter dalam hubungan kekerabatan taksa OPQ	19
Gambar 2.4.	Taksa-taksa dalam kelompok monofili (<i>monophyletic grpoup</i>)	20
Gambar 2.6.	Kelompok polifiletik	22

Gambar BAB 3

Gambar 3.1.	Bagian-bagian Tubuh Ikan	26
Gambar 3.2.	Bagian-bagian Tubuh Ikan	27
Gambar 3.3.	Bentuk-bentuk tubuh ikan	30
Gambar 3.4.	Bentuk-bentuk tubuh ikan (lanjutan)	31
Gambar 3.5.	Bentuk-bentuk mulut ikan dapat dan tidak Tersembul	34
Gambar 3.7.	Letak dan bentuk sungut ikan	35
Gambar 3.8.	Letak dan bentuk sungut ikan	38
Gambar 3.9.	Bentuk-bentuk sisik ikan	38
Gambar 3.10.	Jenis garis rusuk (<i>linea lateralis</i>) ikan	40
Gambar 3.11.	Beberapa ciri-ciri khusus bagian tubuh ikan	42
Gambar 3.12.	Posisi sirip-sirip pada tubuh ikan	44
Gambar 3.13.	Beberapa modifikasi pada sirip ikan	46
Gambar 3.14.	Letak sirip dada terhadap sirip perut pada ikan	47
Gambar 3.15.	Letak sirip dada terhadap sirip perut pada ikan	49
Gambar 3.16.	Bentuk morfologi ekor ikan	50
Gambar 3.17.	Pigmentasi ikan	52
Gambar 3.18.	Pola warna ikan	54

Gambar BAB 4

Gambar 4.1.	Jari-jari sirip ikan bertulang sejati	58
Gambar 4.2.	Jenis jari-jari sirip ikan	58
Gambar 4.3.	Jari-jari pokok, cabang serta menghitung jari-jari	59
Gambar 4.4.	Sisik diatas dan dibawah rusuk	62
Gambar 4.5.	Sisik didepan sirip punggung	63
Gambar 4.6.	Sisik pada pipi ikan	64
Gambar 4.7.	Pengukuran Morfometrik Ikan Tengadak menggunakan metode truss	71
Gambar 4.8.	Pengukuran Morfometrik Ikan Nomei	74

Gambar BAB 5

Gambar 5.1	<i>Pelvic fin</i>	84
Gambar 5.2	Genus	85
Gambar 5.3	Jenis Harpodon	95
Gambar 5.4.	<i>Eptatretus minor</i>	91
Gambar 5.5.	<i>Lampetra fluviatili</i>	92
Gambar 5.6.	<i>Chiemara monstrosa</i>	92
Gambar 5.7.	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	93
Gambar 5.8.	<i>Latimeria menadoensis</i>	94
Gambar 5.9.	a) <i>Harpodon nehereus</i> , b) <i>Tor duoronensis</i>	95

Gambar BAB 6

Gambar 6.1.	Enam mintakat sebaran geografis ikan di dunia	103
Gambar 6.2.	Pembagian Zona Laut	109

Gambar BAB 7

Gambar 7.1.	Berbagai macam alat penangkapan ikan	115
Gambar 7.2.	Contoh label koleksi Ikan	122

Gambar BAB 8

Gambar 8.1.	Contoh identifikasi katagori Taksonomi Alpha	126
Gambar 8.2.	Tahapan Analisis Taksonomi Numerik	128
Gambar 8.3.	Morfologi umum ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) Juata	130

Gambar 8.4.	Dendogram karakter morfologi ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) Amal dan Juata dengan spesies acuan	136
Gambar 8.5.	Karakter khusus genus <i>Harpodon</i> panjang sirip pektoral yang dimiliki	138
Gambar 8.6.	Karakter Morfometrik Genus <i>Harpodon</i>	141
Gambar 8.7.	Pengelompokkan ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) dari Perairan Amal dan Juata berdasarkan 7 karakter pembeda utama	144
Gambar 8.8.	Dendogram ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) jantan Amal dan Juata berdasarkan 7 karakter morfometrik pembeda utama	145

Gambar BAB 9

Gambar 9.1.	Ilustrasi topologi filogenetik dan karakter cabang pohon	149
Gambar. 9.2.	Struktur Gen Multiganda	154
Gambar 9.3.	Skema DNA mitokondria	156
Gambar 9.4.	Skema <i>Barcode</i> COI	158
Gambar 9.5.	Kontribusi <i>DNA Barcode</i> dalam Sistematika	160

Gambar BAB 10

Gambar 10.1.	Pita DNA	163
Gambar 10.2.	Pengambilan Sampel Jaringan	164
Gambar 10.3.	Tube berisi DNA murni	166
Gambar 10.4.	Pengujian DNA secara Kuantitatif dengan Nanodrop Spektrofotometer dan Representasi grafik yang dihasilkan	170
Gambar 10.5.	Hasil elektroforesis	171
Gambar 10.6.	Migrasi struktur molekul DNA	171
Gambar 10.7.	Skematik proses elektroforesis gel agarose	172
Gambar 10.8.	Mesin PCR	173
Gambar 10.9.	Tahapan proses PCR	174
Gambar 10.10.	Tahapan proses PCR	175
Gambar 10.11.	Elektroforesis Pita DNA, Primer forward (F), Primer reverse, dan Sampel DNA	179

Gambar 10.12. Spesies ikan yang ditemukan di Laguna De Bay, Filipina	181
Gambar 10.13. Ikan Genus Tor di Indonesia	184
Gambar 10.14. Spesies Genus Harpodon di Perairan Tarakan (Amal dan Juata), Indonesia	185
Gambar 10.15. Metode Maxam Gibert	187
Gambar.10.16. Proses <i>Cycle Sequencing</i>	189
Gambar 10.17. Perbedaan antara struktur molekul dNTP dan ddNTP	189
Gambar.10.18. Prinsip Metode Sanger dengan Primer Labeling	190
Gambar 10.19. Hasil elektroforesis sebelum sekuensing	191
Gambar 10.20. Bagan serangkaian proses analisis sekuen DNA dan tampilan Sequence scanner & program Finch TV	192
Gambar 10.21. Substitusi Basa Nukleotida	213
Gambar 10.22. Pola Substitusi Basa Nukleotida dari <i>Ancestor</i> kepada <i>Descendent</i>	219
Gambar. 10.23. Empat Metode Konstruksi Topologi Filogenetik pada Program Komputer Mega 5	219
Gambar.10.24. Struktur Topologi Pohon Filogenetika yang menggambarkan proses evolusi.....	220
Gambar 10.25. Pola Uji Reliabilitas Pohon Filogenetika	224
Gambar 10.26. Topologi Filogenetik <i>Neighbour Joining</i> (Bootstarp 1000 X ulangan) ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) Amal dan Juata berdasarkan sekuen gen COI	225

Gambar BAB 11

Gambar 11.1. Morfologi ikan Genus Harpodon sirip dorsal lebih awal dari sirip Central	234
Gambar 11.2. Topologi filogenetik <i>Neighbour Joining</i> (Bootstarp 1000 X ulangan) ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) Amal dan Juata	236
Gambar 11.3. Topologi Filogenetik Sengkaring dan Tambra dengan spesies acuan dan referensi gen berdasarkan sekuen gen <i>COI</i>	238

Gambar 11.4.	<i>Haplotype network</i> dan Distribusi geografis <i>haplotype</i> ikan Tor	240
Gambar 11.5.	Peta daerah Paparan Sunda	242
Gambar 11.6.	Topologi Filogenetik Spesies yang ditemukan di Laguna The Bay	246

Daftar Tabel

Tabel 1.1. Daftar jumlah spesies hewan yang telah dikenal Mayr	10
Tabel 5.1. Daftar Kelas dan Ordo Ikan	67
Tabel 6.1. Pembagian Zaman dan Periode-periode Bumi	101
Tabel 6.3. Garis-garis batas ikhtiologi di kepulauan Indonesia	102
Tabel 8.1 Persamaan dan Perbedaan Karakter OTU <i>Harpodon sp.</i> Amal dan Juata dengan Spesies Acuan	132
Tabel 8.2. Matriks OTU <i>Harpodon sp.</i> Amal dan Juata dengan Spesies Acuan	133
Tabel 8.3. Nilai Similaritas (%) ikan Nomei (<i>Harpodon sp.</i>) Amal dan Juata dengan Spesies Acuan Berdasarkan Karakter Morfologi	139
Tabel 9.1. Gen Penanda molekuler tingkat spesies	152
Tabel 10.1. Contoh perhitungan cara membuat master mix- Larutan PCR	176
Tabel 10.2. Parameter siklus PCR	177
Tabel 10.3. Permasalahan dalam PCR dan Cara Mengatasinya	177
Tabel 10.4. Kondisi PCR yang digunakan (Rahayu <i>et al.</i> , 2013)	184
Tabel 10.5. Program PCR untuk Amplifikasi Gen COI	186