

DISERTASI

**ANALISIS MORFOMETRIK, MERISTIK DAN KERAGAMAN
GENETIK IKAN LENCAM (FAMILI: LETHRINIDAE) DALAM
RANGKA KONSERVASI**

**Morphometric, Meristic and Genetic Diversity Analyses of
Emperor Fish (Family: Lethrinidae) for Conservation Purpose**

**MUHAMMAD AFRISAL
L013181015**



**PROGRAM DOKTORAL ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Afrisal
NIM : L013181015
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa disertasi dengan Judul: "Analisis Morfometrik, Meristik, dan Keragaman Genetik Ikan Lencam (Famili: Lethrinidae) Dalam Rangka Konservasi", ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas dari plagiasi. Di dalamnya tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali digunakan sebagai acuan dalam naskah ini, yang artinya sumber disebutkan sebagai referensi dan dituliskan pula di Daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiasi dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan terkait (Permendiknas No. 17, tahun 2007)

Makassar, Maret 2021




Muhammad Afrisal
L013181015

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

ANALISIS MORFOMETRIK, MERISTIK DAN KERAGAMAN GENETIK IKAN
LENCAM (FAMILI: LETHRINIDAE) DALAM RANGKA KONSERVASI

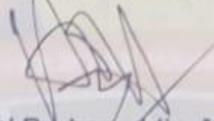
Disusun dan Diajukan oleh:

Muhammad Afrisal

L013181015

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Komisi Penasehat,

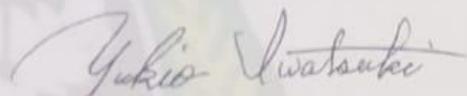


Prof. Andi Iqbal Burhanuddin, M. Fish, Sc., Ph. D
Promotor

Prof. Andi Iqbal Burhanuddin, M. Fish, Sc., Ph. D
Promotor



Dr. Irmawati, S. Pi., M. Si
Ko-Promotor I



Prof. Yukio Iwatsuki, Ph. D
Ko-Promotor II

Ketua Program Studi S3 Ilmu Perikanan dan Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,
Universitas Hasanudin



Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M. Si
NIP. 19590223 198811 1 001



Ir. St. Aisjah Farhum, M. Si
NIP. 19690605 199303 2 002

PERNYATAAN KEPEMILIKIAN PENULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Afrisal
NIM : L013181015
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (*author*) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan disertasi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan disertasi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak memublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

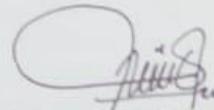
Makassar, Maret 2021

Mengetahui,



Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M. Sc
NIP. 19590223 198811 1 001

Penulis,



Muhammad Afrisal
NIM. L013181015

RINGKASAN

Muhammad Afrisal. L013181015. “Analisis Morfometrik, Meristik, dan Keragaman Genetik Ikan Lencam (Famili: Lethrinidae) dalam Rangka Konservasi” dibimbing oleh **Andi Iqbal Burhanuddin** sebagai Pembimbing Utama dan **Irmawati** sebagai Pembimbing Anggota I, **Yukio Iwatsuki** sebagai Pembimbing Anggota II.

Penelitian ini bertujuan mengetahui status terkini kekayaan jenis ikan lencam melalui pendekatan karakter morfologi, menganalisis karakter penciri atau pembeda antarjenis ikan lencam berdasarkan frekuensi *destructive fishing* di perairan Manado, Makassar, dan Wakatobi. Selanjutnya, evaluasi karakter morfologi yang dipadukan dengan analisis *barcoding* dilakukan di Perairan Makassar, Sulawesi Selatan. Evaluasi tersebut dilakukan untuk memastikan apakah jenis ikan lencam dari perairan Makassar termasuk dalam spesies kriptik atau spesies baru. Penyediaan data dan informasi ini dapat digunakan sebagai rujukan untuk merancang strategi konservasi ikan lencam. Berdasarkan ciri morfologi ditemukan 16 jenis ikan lencam. Lima jenis ikan lencam yang sebelumnya dilaporkan mendiami perairan Sulawesi tidak ditemukan dalam penelitian ini, yaitu *Lethrinus laticaudis* (Alleyne & Macleay, 1877), *L. mahsena* (Forsskål, 1775), *L. ravus* (Carpenter & Randall, 2003), *L. reticulatus* Valenciennes, 1830, dan *L. variegatus* Valenciennes, 1830. Setiap jenis/spesies ikan lencam memiliki karakter penciri atau pembeda di tubuh bagian kepala, tinggi badan, dan ekor. Demikian pula dengan ikan lencam yang sejenis di tiga lokasi berbeda masing-masing memiliki karakter penciri/pembeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa habitat dan waktu memberi pengaruh yang signifikan terhadap evolusi morfologi dan genetik, sedangkan frekuensi *destructive fishing* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variasi karakter morfometrik dan meristik ikan lencam antarpopulasi. Karakter morfologi dan susunan nukleotida ikan lencam di Perairan Sulawesi telah berevolusi, menyesuaikan habitat, sehingga berbeda dengan holotipe maupun paratipe yang tersimpan di Laboratorium Ilmu Perikanan, Miyazaki University, Jepang. Morfotipe *L. ornatus* Valenciennes, 1830, *L. harak* (Forsskål, 1775), dan *L. microdon* Valenciennes, 1830 di Perairan Makassar dengan holotipenya tergolong rendah, dan urutan nukleotida dengan beberapa spesies sejenis di beberapa negara juga tergolong rendah. Jenis ikan lencam lainnya, *L. olivaceus* Valenciennes, 1830 memiliki tingkat kemiripan morfotipe yang tinggi dengan holotipenya, tetapi variasi urutan nukleotida tergolong tinggi dengan spesies sejenis di beberapa perairan di dunia sehingga jenis ini dianggap sebagai spesies kriptik. Tujuh jenis ikan lencam lainnya, *L. atkinsoni* (Seale, 1910), *L. erythracanthus* Valenciennes, 1830, *L. lentjan* (Lacepède, 1802), *L. nebulosus* (Forsskål, 1775), *L. obsoletus* (Alleyne & Macleay, 1877), *L. semicinctus* Valenciennes, 1830, dan *L. xanthochilus* Klunzinger, 1870 di Perairan Makassar dan Indonesia memiliki tingkat kemiripan morfotipe yang rendah dengan holotipenya, dan tingkat kemiripan urutan nukleotida dari beberapa perairan di dunia tergolong tinggi (>97%). Morfotipe *L. erythropterus* Valenciennes, 1830 dan *L. rubrioperculatus* Sato, 1978 masih tergolong tinggi dengan holotipenya, dan urutan nukleotida di perairan lainnya di dunia juga tergolong tinggi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kekayaan jenis (*species richness*) ikan lencam di Perairan Sulawesi telah mengalami penurunan jumlah jenis, dengan variasi karakter morfometrik berbeda antarpopulasi. Demikian pula jenis ikan lencam yang berasal dari Perairan Makassar memiliki tingkat perbedaan nukleotida hingga <10,603% dengan database yang tersimpan di *GenBank*. Empat spesies ikan lencam yang tidak terdeteksi pada penelitian ini harus dijadikan jenis skala prioritas untuk ditingkatkan peringkat status konservasinya dari status berisiko rendah (*least concern*) menjadi rentan (*vulnerable*) di *IUCN Red List* dan memasukkan ke dalam Konvensi Perdagangan Internasional tentang Spesies Terancam (CITES) sebagai daftar spesies yang diajukan atas permintaan pihak tertentu yang telah mengatur perdagangan spesies tersebut dan membutuhkan kerja sama negara lain untuk mencegah eksploitasi yang tidak berkelanjutan atau ilegal atau Appendix III. Sedangkan satu jenis lainnya yang tidak ditemukan yaitu *L. mahsena* sejak tahun 2019 sudah dimasukkan di *IUCN Red List* sebagai spesies genting atau terancam (*endangered*).

Kata kunci: *barcoding*, ikan lencam, karakter penciri, morfometrik-meristik, Perairan Sulawesi

SUMMARY

Muhammad Afrisal. L013181015. “Morphometric, Meristic and Genetic Diversity Analyses of Emperor Fish (Family: Lethrinidae) for Conservation Purpose” supervised by **Andi Iqbal Burhanuddin** as the principal supervisor and **Irmawati** as the co-supervisor I, **Yukio Iwatsuki** as the co-supervisor II.

This study aims to determine the current status of emperor fish species richness through the morphological character approach, to analyze character markers between types of emperor fish based on the frequency of destructive fishing in the waters of Manado, Makassar, and Wakatobi. Furthermore, evaluation of morphological characters combined with barcoding analysis was carried out in Makassar Waters, South Sulawesi. The evaluation is carried out to ascertain whether the emperor fish from Makassar waters is a cryptic species or a new species. The provision of this data and information can be used as a reference for designing emperor fish conservation strategies. Based on the morphological characteristics found 16 types of emperor fish. Five types of emperor fish previously reported inhabiting Sulawesi waters were not found in this study, namely *Lethrinus laticaudis* (Alleyne & Macleay, 1877), *L. mahsena* (Forsskål, 1775), *L. ravus* (Carpenter & Randall, 2003), *L. reticulatus* Valenciennes, 1830, and *L. variegatus* Valenciennes, 1830. Each type / species of emperor fish has a character marker or differentiator on the body, head, height and tail. Likewise, the similar emperor fish in three different locations, each of which has a character marker. This shows that habitat and time have a significant effect on morphological and genetic evolution, while the frequency of destructive fishing does not show a significant effect on variations in morphometric and meristic characters of emperor fish between populations. Morphological characters and nucleotide structure of emperor fish in Sulawesi waters have evolved, adapted to their habitat, so that they are different from the holotypes and paratypes deposited in the Fisheries Science Laboratory, Miyazaki University, Japan. The morphotypes of *L. ornatus* Valenciennes, 1830, *L. harak* (Forsskål, 1775), and *L. microdon* Valenciennes, 1830 in Makassar waters with relatively low holotypes, and low sequence of nucleotides with several similar species in several countries. Another type of emperor fish, *L. olivaceus* Valenciennes, 1830, has a high level of morphotype similarity to its holotype, but the variation in nucleotide sequences is high with similar species in several waters in the world so that this species as a cryptic species. Seven other types of emperor fish, *L. atkinsoni* (Seale, 1910), *L. erythracanthus* Valenciennes, 1830, *L. lentjan* (Lacepède, 1802), *L. nebulosus* (Forsskål, 1775), *L. obsoletus* (Alleyne & Macleay, 1877), *L. semicinctus* Valenciennes, 1830, and *L. xanthochilus* Klunzinger, 1870 in Makassar and Indonesian waters has a low level of morphotype similarity with the holotype, and the level of similarity of nucleotide sequences from several waters in the world is high (> 97%). The morphotypes of *L. erythropterus* Valenciennes, 1830 and *L. rubrioperculatus* Sato, 1978 are still high in their holotype, and the sequence of nucleotides in other waters in the world is also high. This study concluded that the species richness of emperor fish in Sulawesi waters has decreased in the number of species, with variations in different morphometric characters between populations. Likewise, the emperor fish type originating from Makassar waters has a nucleotide difference level of up to <10.603% with the database deposited at *GenBank*. Four emperor fish species that were not detected in this study should be used as priority scale types to increase their conservation status ranking from least concern to vulnerable on the IUCN Red List and include them in the International Trade Convention on Threatened Species (CITES) as a list of species included at the request of a Party that already regulates trade in the species and that needs the cooperation of other countries to prevent unsustainable or illegal exploitation or Appendix III. Meanwhile, one other species that was not found, namely *L. mahsena*, has been included in the IUCN Red List as an endangered species since 2019.

Keywords: barcoding, emperor fish, character marker, morphometric-meristic, Sulawesi waters

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul "Analisis Morfometrik, Meristik dan Keragaman Genetik Ikan Lencam (Famili: Lethrinidae) Dalam Rangka Konservasi". Penelitian ini dilakukan selama 4 tahun (2017-2021), dan pengambilan sampel dilakukan di tiga Perairan Sulawesi yakni Manado, Makassar, dan Wakatobi. Sementara pengukuran spesimen pembandingan dilakukan di Laboratorium Ilmu Perikanan, Miyazaki University, Jepang selama 3 bulan (November 2019-Februari 2020) melalui Program Peningkatan Kualitas Publikasi Internasional (PKPI/*sandwich-like*). Penelitian ini sepenuhnya didanai oleh Beasiswa Program Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) Batch-III yang diberikan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI). Disertasi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Disertasi ini terdiri atas beberapa bagian yang telah diterbitkan pada jurnal Internasional terindeks Scopus.

Penyelesaian disertasi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu sebagai bentuk apresiasi setinggi-tingginya, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Prof. Andi Iqbal Burhanuddin, M. Sc. Fish, Ph. D**, sebagai Pembimbing Utama, telah memberikan kesempatan dan kepercayaan kepada penulis untuk menjadi salah satu anak bimbingan dalam program beasiswa PMDSU Batch III. Beliau telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengeksplorasi dan memotivasi untuk terus memerkaya karya-karya bidang taksonomi ikan.
2. **Dr. Irmawati, S. Pi., M. Si**, sebagai Pembimbing Anggota, terima kasih atas dukungan, saran dan waktu yang telah diberikan selama ini. Beliau senantiasa memberikan saran pada perencanaan metode dan penulisan karya ilmiah.
3. **Prof. Yukio Iwatsuki, Ph. D**, terima kasih telah bersedia membimbing penulis untuk terus belajar dalam bidang taksonomi. Beliau telah banyak mengajarkan ketelitian dan cara mengidentifikasi jenis ikan.
4. **Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M. Sc., Prof. Dr. Ir. Budimawan, DEA., Prof. Dr. Ir. Joeharnani Tresnati, DEA., Dr. Ir. Andi Parenrengi, M. Sc**, selaku penguji yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam perencanaan penelitian sehingga dapat diselesaikan dengan tepat.
5. **Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M. Si** selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, dan **Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M. Sc**, selaku Ketua Program Studi S3 Ilmu Perikanan dan seluruh staff akademik dan nonakademik

FIKP Unhas yang telah memberikan kemudahan dalam proses administrasi hingga akhir.

6. Muhammad Fauzi Rafiq yang telah menemani dan membantu dalam mengukur morfometrik dan meristik hingga pelaksanaan penelitian ini selesai.
7. Rekan-rekan PMDSU Batch III yang telah berpartisipasi dalam memberikan masukan dalam pelaksanaan program PMDSU.
8. Seluruh dosen pengajar dan staf di lingkungan FIKP yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti PMDSU di Ilmu Perikanan FIKP Unhas.
9. Seluruh rekan penulis di Laboratorium Ilmu Perikanan, Miyazaki University, Jepang; Meilani-san, Ono-san, Fuji-san, Aida-san, dan Kuma-san yang telah membantu dalam mengukur dan menganalisis genetik selama program PKPI.
10. Para sahabat seperjuangan program Magister Ilmu Perikanan, FIKP Unhas angkatan 2017 atas kebersamaan dan kerja samanya serta motivasinya sehingga penulis dapat melanjutkan program doktoral di FIKP Unhas.
11. Para sahabat seperjuangan program Doktoral Ilmu Perikanan, FIKP Unhas angkatan 2018 atas kebersamaan dan kerja samanya serta motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan program doktoral di FIKP Unhas.
12. Teman-teman Ilmu Kelautan Angkatan 2012 (IK ANDALAS) terima kasih atas motivasi dan pengertiannya selama penulis menyelesaikan pendidikan Program Doktor di FIKP Unhas.
13. Istri tercinta Masrurah Ismail atas segala pengertian dan dukungannya serta doanya hingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
14. Teristimewah kepada orang tua penulis yang telah mendidik dan membimbing serta selalu memberikan motivasi dan doa selama penulis menempuh pendidikan mulai dari S1 hingga saat ini. Juga kepada mertua penulis yang selalu memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan pendidikan S3.

Masih banyak orang-orang yang secara tidak langsung berkontribusi dalam kelancaran segala rangkaian proses studi ini, namun penulis tidak sempat menyebutkan satu per satu. Semoga Allah SWT berkenan melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sebagai balasan atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan. Tanpa terlepas dari segala kekurangan, penulis berharap semoga disertasi ini dapat bermanfaat.

Makassar, Februari 2021

Muhammad Afrisal

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI.....	iii
PERNYATAN KEPEMILIKIAN PENULISAN.....	iv
RINGKASAN.....	v
SUMMARY.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR ARTIKEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN UMUM.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat.....	6
E. Hipotesis Penelitian.....	6
F. Kebaruan (<i>Novelties</i>).....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Biologi Ikan Lencam.....	8
B. Kondisi Habitat.....	9
C. Karakter Morfometrik dan Meristik.....	11
D. Nomenklatur.....	12
E. Marka Molekuler.....	13
F. Pengelolaan Sumber Daya Ikan Lencam.....	14
G. Kerangka Pikir Penelitian.....	16
III. IDENTIFIKASI JENIS IKAN LENCAM DI PERAIRAN SULAWESI.....	18
A. Pendahuluan.....	18
B. Metode penelitian.....	20
C. Hasil dan Pembahasan.....	21
D. Kesimpulan.....	27

IV. VARIASI MORFOMETRIK DAN MERISTIK IKAN LENCAM (LETHRINUS, LETHRINIDAE, PERCOIDEI) BERDASARKAN FREKUENSI <i>DESTRUCTIVE FISHING</i> DI PERAIRAN SULAWESI, INDONESIA.....	28
A. Pendahuluan.....	29
B. Bahan dan Metode.....	30
C. Hasil.....	32
D. Pembahasan.....	50
E. Kesimpulan.....	52
V. EVALUASI KARAKTER MORFOLOGI DAN GENETIK IKAN LENCAM DI PERAIRAN MAKASSAR, SULAWESI SELATAN, INDONESIA.....	53
A. Pendahuluan.....	54
B. Bahan dan Metode.....	55
C. Hasil.....	60
1. <i>L. atkinsoni (Pacific yellowtail emperor)</i>	61
2. <i>L. erythropterus (Longfin emperor)</i>	64
3. <i>L. erythracanthus (Orange-spotted emperor)</i>	67
4. <i>L. harak (Thumbprint emperor)</i>	70
5. <i>L. lentjan (Pink ear emperor)</i>	74
6. <i>L. microdon (Smalltooth emperor)</i>	78
7. <i>L. nebulosus (Spangled emperor)</i>	82
8. <i>L. obsoletus (Orange-striped emperor)</i>	87
9. <i>L. olivaceus (Longface emperor)</i>	91
10. <i>L. ornatus (Ornate emperor)</i>	94
11. <i>L. rubrioperculatus (Spotcheek emperor)</i>	97
12. <i>L. semicinctus (Black blotch emperor)</i>	100
13. <i>L. xanthochilus (Yellowlip emperor)</i>	103
D. Pembahasan.....	106
E. Kesimpulan.....	107
VI. PEMBAHASAN UMUM.....	109
VII. KESIMPULAN UMUM DAN REKOMENDASI.....	113
A. Simpulan.....	113
B. Rekomendasi.....	113

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Jenis-jenis ikan lencam di seluruh perairan dunia (Carpenter & Allen, 1989; Carpenter & Randall, 2003; Nelson et al., 2016).....	9
2	Pola pertumbuhan ikan lencam berdasarkan hubungan panjang-berat di seluruh perairan dunia.....	10
3	Kekayaan jenis ikan lencam di Perairan Sulawesi.....	22
4	Jenis ikan lencam yang tidak ditemukan di Perairan Sulawesi.....	22
5	Parameter identifikasi ikan lencam berdasarkan karakter <i>truss</i> morfometrik.....	31
6	Variasi karakter morfometrik (nilai rerata dan simpangan baku (SB)) dari lima jenis ikan lencam di tiga lokasi penelitian.....	35
7	Nilai eigen, variasi kumulatif (%), korelasi kanonik, dan koefisien standar variabel kanonik yang diperoleh dari analisis variabel utama untuk kelompok diskriminatif karakter morfometrik terhadap lima jenis ikan lencam dari Perairan Sulawesi, Indonesia.....	37
8	Klasifikasi prediktif individu untuk lima spesies ikan lencam dari Perairan Sulawesi.....	38
9	Karakter meristik dari lima jenis ikan lencam di tiga Perairan Sulawesi.....	41
10	Variasi karakter morfometrik (nilai rerata \pm simpangan baku (SB)) dan nilai signifikan dua jenis ikan lencam di Perairan Manado dan Makassar.....	43
11	Karakter meristik dari <i>L. lentjan</i> dan <i>L. rubrioperculatus</i> di Perairan Manado dan Makassar.....	46
12	Karakter morfometrik (nilai rerata, simpangan baku (SB), dan kisaran) <i>L. atkinsoni</i> dari Perairan Wakatobi dan Makassar.....	48
13	Karakter meristik <i>L. atkinsoni</i> di berbagai lokasi penelitian.....	50
14	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. atkinsoni</i> dari Perairan Makassar dengan 14 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	62
15	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. atkinsoni</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	62
16	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. erythropterus</i> dari Perairan Makassar dengan 7 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	65
17	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. erythropterus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	65
18	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. erythracanthus</i> dari Perairan Makassar dengan 8 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	68
19	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. erythracanthus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	68

20	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. harak</i> dari Perairan Makassar dengan 14 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	71
21	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. harak</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	71
22	Identifikasi internal fragmen spesimen <i>L. lentjan</i> dari Makassar (MT551656) dengan holotipe yang berasal dari Arab Saudi (MH331781).....	73
23	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. lentjan</i> dari Perairan Makassar dengan 28 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	75
24	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. lentjan</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	76
25	Identifikasi internal fragmen spesimen <i>L. lentjan</i> Makassar (MSFUH3931594) dengan holotipe dari Arab Saudi (MT076686).....	78
26	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. microdon</i> dari Perairan Makassar dengan enam spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	87
27	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. microdon</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	80
28	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. nebulosus</i> dari Perairan Makassar dengan enam spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	83
29	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. nebulosus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	93
30	Identifikasi internal fragmen spesimen <i>L. nebulosus</i> Makassar (MSFUH3931592) dengan holotipe dari Arab Saudi (KU499796).....	95
31	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. obsoletus</i> dari Perairan Makassar dengan 17 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	87
32	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. obsoletus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	89
33	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. olivaceus</i> dari Perairan Makassar dengan 14 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	92
34	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. olivaceus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	92
35	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. ornatus</i> dari Perairan Makassar dengan 17 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	96
36	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. ornatus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	95
37	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. rubrioperculatus</i> dari Perairan Makassar dengan 18 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	98

38	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. rubrioperculatus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	98
39	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. semicinctus</i> dari Perairan Makassar dengan 12 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	101
40	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. semicinctus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	101
41	Cakupan, Identitas dan <i>E-Value</i> spesimen <i>L. xanthochilus</i> dari Perairan Makassar dengan 12 spesimen dari <i>GenBank</i> berdasarkan hasil penyejajaran gen COI.....	104
42	Hasil analisis jarak genetik antarpopulasi ikan <i>L. xanthochilus</i> berdasarkan metode menghitung rata-rata jarak kelompok.....	104

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Peta daerah penangkapan ikan di Indonesia berdasarkan frekuensi destructive fishing (KKP, 2018).....	10
2	Peta fungsional mitokondria ikan (Kochzius, 2002).....	13
3	Kerangka pikir penelitian dengan judul analisis morfometrik, meristik, dan keragaman genetik ikan lencam dalam rangka konservasi.....	16
4	Peta jalan penelitian ikan lencam (Famili Lethrinidae) dalam rangka konservasi.....	17
5	Peta pengambilan sampel ikan lencam (A) Perairan Manado, Sulawesi Utara, (B) Perairan Makassar, Sulawesi, Selatan (C) Perairan Wakatobi, Sulawesi Tenggara.....	20
6	Kunci identifikasi ikan lencam berdasarkan kemiripan karakter morfologi, <i>L. nebulosus</i> (A), <i>L. lentjan</i> , (B), <i>L. atkinsoni</i> (C), <i>L. ornatus</i> (D), <i>L. obsoletus</i> (E).....	23
7	Kunci identifikasi berdasarkan bentuk tubuh dan pola warna pada jenis <i>L. genivittatus</i> (A), <i>L. conchylatus</i> (B), <i>L. xanthochilus</i> (C), dan <i>L. rubrioperculatus</i> (D).....	24
8	Kunci Identifikasi berdasarkan pada bentuk tubuh dan pola warna pada jenis <i>L. harak</i> (A), <i>L. semicinctus</i> (B), <i>L. erythropterus</i> (C), dan <i>L. erythracanthus</i> (D).....	25
9	Kunci identifikasi berdasarkan bentuk tubuh dan pola warna pada jenis <i>L. olivaceus</i> (A), <i>L. microdon</i> (B), dan <i>L. amboinensis</i> (C).....	26
10	Pengukuran morfologi ikan lencam dengan menggunakan metode <i>truss</i> morfometrik berdasarkan Brzeski & Doyle (1988).....	31
11	Analisis sebaran plot karakter morfometrik 420 spesimen dari lima jenis ikan lencam di tiga lokasi penelitian.....	39
12	Hasil diagram pohon berdasarkan tingkat kemiripan nilai rerata variabel yang diuji untuk setiap spesies dari tiga populasi.....	40
13	Sebaran karakter morfometrik ketiga populasi ikan lencam berdasarkan hasil analisis diskriminan (A) <i>L. erythropterus</i> , (B) <i>L. semicinctus</i> , (C) <i>L. obsoletus</i> , (D) <i>L. ornatus</i> , (E) <i>L. harak</i>	40
14	Analisis plot kotak karakter morfometrik <i>L. lentjan</i> di Perairan Manado dan Makassar.....	44
15	Analisis plot kotak karakter morfometrik <i>L. rubrioperculatus</i> di Perairan Manado dan Makassar.....	45
16	Analisis plot kotak karakter morfometrik <i>L. atkinsoni</i> di Perairan Makassar dan Wakatobi.....	49
17	Pengukuran karakter morfometrik berdasarkan metode konvensional.	55
18	Prosedur penyimpanan jaringan sampel jenis ikan lencam.....	57
19	Hasil diagram pohon <i>L. atkinsoni</i> karakter morfometrik dari tujuh populasi.....	61
20	Rekonstruksi filogenetik <i>L. atkinsoni</i> dari 15 spesimen di 7 populasi...	63

21	Hasil diagram pohon <i>L. erythropterus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari enam populasi.....	64
22	Rekonstruksi filogenetik <i>L. erythropterus</i> dari 8 spesimen di dua lokasi perairan di dunia.....	66
23	Hasil diagram pohon <i>L. erythracanthus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari lima populasi.....	67
24	Rekonstruksi filogenetik <i>L. erythracanthus</i> dari 9 spesimen di empat lokasi perairan di dunia.....	69
25	Hasil diagram pohon <i>L. harak</i> berdasarkan karakter morfometrik dari sembilan populasi.....	70
26	Rekonstruksi filogenetik <i>L. harak</i> dari 8 spesimen dari 8 populasi perairan.....	72
27	Hasil diagram pohon <i>L. lentjan</i> berdasarkan karakter morfometrik dari sembilan populasi.....	74
28	Rekonstruksi filogenetik <i>L. lentjan</i> dari 29 spesimen dari 10 populasi di perairan dunia.....	77
29	Hasil diagram pohon <i>L. microdon</i> berdasarkan karakter morfometrik dari empat populasi.....	78
30	Rekonstruksi filogenetik <i>L. microdon</i> dari sembilan spesimen dari enam populasi perairan di dunia.....	79
31	Hasil diagram pohon <i>L. nebulosus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari 12 populasi.....	82
32	Rekonstruksi filogenetik <i>L. nebulosus</i> dari 47 spesimen dari 15 populasi perairan di dunia.....	86
33	Hasil diagram pohon <i>L. obsoletus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari empat populasi.....	87
34	Rekonstruksi filogenetik <i>L. obsoletus</i> dari 20 spesimen dari lima populasi di perairan dunia.....	90
35	Hasil diagram pohon <i>L. olivaceus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari tujuh populasi.....	91
36	Rekonstruksi filogenetik <i>L. olivaceus</i> dari 18 spesimen dari 11 populasi di perairan di dunia.....	93
37	Hasil diagram pohon <i>L. ornatus</i> berdasarkan tujuh karakter morfometrik dari tujuh populasi.....	94
38	Rekonstruksi filogenetik <i>L. ornatus</i> dari 18 spesimen dari enam populasi di perairan dunia.....	96
39	Hasil diagram pohon <i>L. rubrioperculatus</i> berdasarkan tujuh karakter morfometrik dari enam populasi.....	97
40	Rekonstruksi filogenetik <i>L. rubrioperculatus</i> dari 19 spesimen dari delapan populasi perairan dunia.....	99
41	Hasil diagram pohon <i>L. semicinctus</i> berdasarkan tujuh karakter morfometrik dari tujuh populasi.....	100
42	Rekonstruksi filogenetik <i>L. semicinctus</i> dari 13 spesimen dari lima populasi di Perairan dunia.....	102

43	Hasil diagram pohon <i>L. xanthochilus</i> berdasarkan karakter morfometrik dari lima populasi.....	103
44	Rekonstruksi filogenetik <i>L. xanthochilus</i> dari tujuh spesimen dari empat populasi di perairan dunia.....	105

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Perbandingan morfologi ikan lele di berbagai perairan dunia.....	125
2	Hasil Pengukuran Morfometrik antara spesimen dari Makassar dengan koleksi sampel di Laboratorium Miyazaki University, Jepang...	135
3	Hasil sekuensing dan nomor aksesori sampel di GenBank NCBI.....	140

DAFTAR ARTIKEL

- Judul Artikel : Morphologic and radiographic analyses of *Lethrinus erythropterus* (Lethrinidae) from the Spermonde Archipelago, Indonesia
Penulis : Muhammad Afrisal, Irmawati, Rantih Isyrini, Andi Iqbal Burhanuddin
Jurnal : AACL Bioflux
Volume, Nomor, Tahun : 11(6)/2018
DOI : <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.1696-1706.pdf>
- Judul Artikel : Lethrinid fishes (Lethrinidae) of Wallacea region
Penulis : Muhammad Afrisal, Irmawati, Nurjirana, Yukio Iwatsuki, Andi Iqbal Burhanuddin
Jurnal : Earth and Environmental Science
Volume, Nomor, Tahun : 486 (5)/2020
DOI : 10.1088/1755-1315/486/1/012018
- Judul Artikel : Landmark-based Morphometric and Meristic Variations in Emperors (Lethrinus, Lethrinidae, Percoidei) from Three Areas around Sulawesi (Indonesia) with Different Levels of Destructive Fishing
Penulis : Muhammad Afrisal, Irmawati, Nurjirana, Yukio Iwatsuki, Andi Iqbal Burhanuddin
Jurnal : Jordan Journal of Biological Sciences
13 (5)/2020
DOI : <http://jjbs.hu.edu.jo/files/vol13/Supplementary%20Issue/paper%20number%209.pdf>
- Judul Artikel : Morphological and genetic evaluation of the thumbprint emperor, *Lethrinus harak* (Forsskål, 1775) in the Pacific and Indian Oceans
Penulis : Muhammad Afrisal, Yukio Iwatsuki, Andi Iqbal Burhanuddin
Jurnal : f1000research
Volume, Nomor, Tahun : 915 (9)/2020
DOI : <https://f1000research.com/articles/9-915>

I. PENDAHULUAN UMUM

A. Latar Belakang

Ikan lencam merupakan salah satu jenis ikan karang yang bernilai ekonomis penting, dan tersebar luas di perairan tropis maupun subtropis. Ikan ini umumnya hidup di daerah terumbu karang, padang lamun, dan mangrove (Kulmiye et al., 2002; Young & Martin, 1982). Ikan lencam terdiri atas 29 spesies tersebar di seluruh dunia dan sekitar 81% ditemukan di perairan Indonesia (Andriyono et al., 2020; Carpenter & Randall, 2003; Lo Galbo et al., 2002; Nelson et al., 2016). Ikan ini terus mengalami ancaman eksploitasi dari berbagai aktivitas antropogenik baik secara langsung maupun tidak langsung.

Beberapa aktivitas antropogenik yang dapat menyebabkan degradasi stok ikan di alam, seperti penggunaan alat tangkap merusak lingkungan dan tidak selektif (*destructive fishing*), eksploitasi berlebih, alih fungsi lahan hutan mangrove, pencemaran, serta pemanasan global. Pada tahun 2020 dilaporkan ekspor ikan lencam mencapai 19.862,074 ton dengan berbagai negara tujuan seperti Amerika Serikat, Australia, Belanda, Belgia, Cina, Inggris, Italia, Jerman, Prancis, Republik Dominika, Senegal, Thailand, dan Vietnam (Exportgenius, 2020). Tingginya permintaan ekspor ikan lencam memaksa para pelaku perikanan untuk melakukan metode penangkapan yang merusak meliputi penggunaan bahan peledak, racun sianida dan pembiusan (Nurdin et al., 2014). Praktik ini menyebabkan kerusakan terumbu karang, padang lamun, dan mangrove sebagai tempat mengasuh dan membesarkan maupun sebagai daerah mencari makanan bagi ikan lencam (Edinger et al., 1998). Lokasi rawan kegiatan penangkapan yang merusak berbeda untuk setiap jenis dikarenakan perbedaan target ikan maupun kondisi geografis daerah penangkapan ikannya. Kegiatan *destructive fishing* melalui pemboman dapat berpengaruh langsung terhadap ikan yang berada di sekitar titik ledakan. Kerusakan organ tubuh ikan yang dapat ditimbulkan seperti bagian sirip terpotong, tulang belakang patah, dan sisik terlepas atau terkelupas pada beberapa bagian tubuh ikan. Kerusakan ini juga dapat menyebabkan cacat permanen pada organ tubuh ikan dan kelainan tulang belakang (Afrisal et al., 2018; WWF, 2016). Dampak pemboman dapat terjadi secara tidak langsung terhadap perubahan karakter morfologi, tetapi akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan yang berhubungan dengan rantai makanan dan jaring-jaring makanan (Kulmiye et al., 2002).

Dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 114/Kepmen-KP/SJ/2019 tentang pedoman rencana aksi nasional pengawasan dan penanggulangan kegiatan penangkapan ikan yang merusak tahun 2019-2023 menyatakan bahwa salah satu wilayah perairan yang memiliki frekuensi *destructive*

fishing yang tinggi adalah perairan Makassar. Perairan ini memiliki kekayaan jenis (*species richness*) ikan karang yang bervariasi di setiap gugusan pulau-pulau dengan dominasi bentuk pertumbuhan dan kondisi fisik terumbu karang di setiap pulau yang berbeda. Kondisi tersebut menyebabkan sebaran ikan karang bervariasi sehingga menarik minat nelayan untuk melakukan penangkapan. Akan tetapi, metode penangkapan dilakukan dengan alat tangkap merusak lingkungan dan tidak selektif. Perairan Manado yang masih dikategorikan sedang, kasus penangkapan yang merusak lingkungan dan tidak selektif minim ditemukan, sehingga kawasan ini masih tetap terjaga saat ini. Sedangkan Wakatobi merupakan perairan yang mengelilingi empat gugusan kepulauan yaitu: Kepulauan Wangi-wangi, Kaledupa, Tomea, dan Binongko. Topografi Kepulauan Wakatobi pada umumnya datar dikelilingi oleh mikro-atol dan perairan karang, dan kawasan ini juga ditetapkan sebagai Taman Laut Nasional. Adanya kawasan konservasi di daerah ini memaksa pembatasan aktivitas manusia pada kawasan untuk melakukan penangkapan ikan, sehingga sejauh ini tidak mengalami tekanan penangkapan yang merusak lingkungan dan tidak selektif, dan dikategorikan sebagai daerah yang memiliki frekuensi *destructive fishing* rendah. Ketiga perairan tersebut memberikan kontribusi rekrutmen yang sangat penting terhadap kelangsungan jejaring ekologi di Regional Sulawesi. Fluktuasi kondisi fisik perairan juga sangat memberikan respon positif terhadap penyebaran larva di Regional Sulawesi (Umar et al., 2019).

Kegiatan penangkapan yang tidak selektif telah berdampak luas secara ekologis, baik dari sisi spasial maupun temporal. Awalnya penangkapan ikan hanya terjadi di perairan dangkal (kawasan neritik). Namun, penangkapan saat ini telah meluas sampai ke perairan lepas pantai (perairan oseanik) akibat meningkatnya teknologi penangkapan dan jumlah penangkapan (Shannon et al., 2014). Hal ini telah berdampak pada jenis ikan lele dengan tipe perenang cepat yang mampu mencapai hingga perairan dengan kedalaman ratusan meter. Kegiatan tersebut juga berdampak pada ikan lele yang bersifat hermaphrodit protogini (Kulmiye et al., 2002; Marriott et al., 2010) yang membutuhkan waktu kurang lebih lima tahun dengan ukuran berkisar 33 cm untuk berubah kelamin dari betina menjadi jantan (Wassef, 1991). Ikan lele umumnya berumur panjang, dengan usia maksimal 29 tahun (Al-Mamry, 2006). Ikan lele yang berukuran besar, seperti *Lethrinus nebulosus* (Forsskål, 1775), dapat tumbuh hingga 80 cm (panjang cagak) (Randall, 1995), sedangkan spesies yang lebih kecil, seperti *Lethrinus variegatus* (Valenciennes 1830), biasanya tidak melebihi 20 cm (panjang cagak) (Carpenter & Niem, 2001). Mortalitas penangkapan yang tinggi pada spesies ikan yang berumur panjang lebih rentan dibandingkan dengan ikan yang berumur lebih pendek (Schindler et al., 2002). Menurut Sparre & Venema (1999),

tingginya laju mortalitas penangkapan dan menurunnya laju mortalitas alami dapat indikator terjadinya kondisi *growth overfishing*, sedikitnya jumlah ikan berumur tua karena ikan muda tidak sempat tumbuh akibat tertangkap.

Selain itu, alih fungsi lahan hutan mangrove juga merupakan ancaman serius bagi ikan lele sebagai daerah migrasi untuk pemijahannya. Banyak jenis ikan yang menggantungkan hidupnya pada bahan yang berasal dari hewan dan tumbuhan yang jatuh ke dalam air serta vegetasi yang menggantung di atas air baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan-bahan tersebut membentuk detritus sebagai bahan pokok rantai makanan bagi ikan (Kottelat et al., 1993). Selain alih fungsi lahan hutan mangrove, pencemaran perairan dari bahan logam berat seperti timbal (Pb), cadmium (Cd), merkuri (Hg), dan sianida (Cn) dapat menyebabkan kerusakan organ insang, jaringan otot, ginjal dan hati, dan dapat menimbulkan kematian organisme secara besar-besaran di perairan (Mariani et al., 2020; Mukhtasor, 2007). Salah satu limbah yang sekarang ini telah menjadi keprihatinan dunia internasional karena dampaknya yang sangat besar terhadap biota perairan adalah limbah mikroplastik. Ikan lele merupakan salah satu organisme laut dilaporkan sudah terkontaminasi oleh mikroplastik seperti *L. amboinensis* (Bleeker, 1854), *L. atkinsoni* (Seale, 1910), dan *L. microdon Valenciennes, 1830* (Gabriel et al., 2018; Ismail et al., 2019; Ismail et al., 2018). Menurut Jovanović (2017), kontaminasi mikroplastik pada saluran pencernaan ikan bersifat sementara, dengan potensi akumulasi rendah, dan kemungkinan terjadi translokasi ke hati. Namun demikian, total beban mikro dan nanoplastik yang akan melewati saluran pencernaan ikan dalam masa hidupnya kemungkinan tinggi dan akan terus meningkat di masa depan. Hal ini dapat menimbulkan risiko karena ada bukti bahwa konsumsi mikro dan nanoplastik dapat mengganggu kesehatan ikan. Efek yang diamati dari konsumsi mikroplastik meliputi penyumbatan pada usus, kerusakan fisik, perubahan histopatologis di usus, perubahan perilaku, perubahan metabolisme lipid, dan transfer ke hati.

Ancaman lain yang menyebabkan degradasi stok ikan adalah pemanasan global. Menurut Pauly & Cheung (2017), bahwa faktor mendasar yang melintasi mekanisme yang berkaitan dengan pemanasan dan penurunan ukuran tubuh adalah kendala biologis pada proses fisiologis dan ekologis terkait ukuran tubuh. Dasar teori untuk penyusutan tubuh ikan adalah bahwa pasokan oksigen pada tubuh ikan besar tidak dapat dipenuhi insang, yang luas permukaannya tidak dapat memenuhi permintaan oksigen oleh tubuhnya. Keadaan tersebut memaksa ikan memodifikasi fisiologi, reproduksi, dan perilaku pola makan yang mengarah pada perubahan morfologi maupun genetik untuk mengurangi dampak perubahan lingkungan (Unsworth et al., 2007). Hal tersebut menjadi salah satu penyebab munculnya spesies kriptik (*cryptic species*) yang

berpengaruh terhadap struktur populasi pada komunitas ikan lele dan hilangnya kekayaan jenis ikan lele. Hal ini akan sangat mengganggu stok dan keberlanjutan sumber daya ikan lele.

Pemanfaatan ikan lele terus berlanjut, tetapi tidak diikuti dengan upaya pengelolannya. Sehingga pada saat ini konservasi ikan lele sudah mendesak untuk segera ditangani. Menurut *IUCN Red List (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)* pada tahun 2008, ikan lele merupakan salah satu jenis ikan yang tergolong ke dalam *least concern*, atau stok yang kurang diperhatikan, kecuali *Lethrinus mahsena* (Forsskål, 1775) telah dimasukkan ke dalam kategori terancam (*endangered*) (Al-Abdali et al., 2019). Dalam satu dekade terakhir belum pernah dievaluasi kembali status stok ikan lele khususnya di perairan Indonesia. Kriteria evaluasi setiap spesies di *IUCN Red List* dapat dilakukan setiap lima tahun atau sepuluh tahun sekali. *The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)* memasukkan semua jenis ikan lele ke dalam kategori belum dievaluasi. Hal ini telah menjadi perhatian khusus dari pemerintah, sehingga ikan lele digolongkan dalam kelompok jenis ikan prioritas yang akan dikelola. Regulasi tersebut telah diatur dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 79/Kepmen-KP/2016 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 712. Kebijakan ini juga dipertegas oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 tahun 2007 tentang konservasi sumber daya ikan yang bertujuan melindungi jenis ikan yang terancam punah dan memertahankan kekayaan jenis ikan.

Salah satu aspek yang dibutuhkan saat ini untuk konservasi jenis maupun genetik ikan lele adalah pengumpulan data dan informasi berdasarkan pendekatan morfologi dan genetik. Pada dasarnya kedua pendekatan tersebut merupakan serangkaian tahapan dalam mengidentifikasi suatu spesies. Metode morfologi merupakan tahapan awal identifikasi spesies melalui pengamatan, sedangkan identifikasi molekuler merupakan tahapan yang digunakan terkait ketepatan mengidentifikasi dan mendukung hasil identifikasi morfologi (Hebert et al., 2003). Identifikasi organisme sampai pada tingkat spesies terkadang sulit dilakukan dengan menggunakan metode morfologi sehingga dibutuhkan identifikasi tambahan berupa molekuler (*DNA Barcoding*) (Achmad et al., 2019). Dalam hal morfologi, analisis morfometrik dan meristik umumnya dilakukan teknik pengukuran *truss morphometric* dan metode konvensional. Hasil pengukuran tersebut dapat digunakan untuk melihat perbedaan keragaman dari sumber daya ikan lele pada suatu populasi. Kemudian penentuan konservasi jenis juga dapat dilakukan dengan pendekatan genetik.

Salah satu pendekatan molekuler yang dapat digunakan adalah teknik *DNA barcoding* dengan metode gen *cytochrome oxidase subunit I* yang dikenal sebagai COI. Metode digunakan sebagai penanda variasi yang secara akurat dapat mengidentifikasi berbagai macam hewan sampai tingkat spesies berdasarkan jarak genetik maupun rekonstruksi pohon filogenetik (Waugh, 2007). Metode ini digunakan untuk melihat dan memodelkan kedekatan suatu spesies dengan spesies lainnya. Analisis filogenetik ini digunakan untuk mengonstruksi dengan tepat hubungan antara organisme dan mengestimasi perbedaan yang terjadi dari satu nenek moyang kepada keturunannya (Li & Doss, 1999). Tahapan dasar ini sangat bermanfaat terhadap koleksi plasma nutfah sebagai upaya melindungi, melestarikan, dan memanfaatkan sumber daya ikan, untuk menjamin stok, ketersediaan, dan kesinambungan sumber daya genetik ikan bagi generasi sekarang maupun yang akan datang.

Dengan memadukan analisis morfologi dan genetik pada sumber daya ikan lele, maka diharapkan terdapat gambaran dari struktur populasi ikan lele di alam. Stok gambaran struktur populasi tersebut kemudian dapat digunakan sebagai salah satu dasar konservasi sumber daya ikan lele. Oleh karena itu, sangat perlu dilakukan penelitian untuk menentukan status terkini di Perairan Sulawesi untuk jenis skala prioritas sebagai kriteria konservasi jenis maupun genetik berdasarkan prinsip pertimbangan bukti ilmiah maupun perlindungan jenis dan kualitas genetik ikan. Hasil kekayaan jenis ikan lele sebagai dasar untuk merekomendasikan status konservasi ikan lele secara global di *IUCN Red List* maupun CITES berdasarkan asas keterbukaan dan kelestarian yang berkelanjutan, serta pencegahan tangkap lebih.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, diperoleh beberapa masalah perikanan yang terjadi sumber daya ikan lele adalah sebagai berikut:

1. Menurunnya kekayaan jenis ikan lele yang berdistribusi di Perairan Sulawesi akibat penggunaan alat tangkap merusak lingkungan dan tidak selektif, eksploitasi berlebih, alih fungsi lahan hutan mangrove, pencemaran, serta pemanasan global. Kesulitan mendapatkan data tangkapan spesifik spesies dan ketidakpastian dalam identifikasi menyebabkan strategi pengelolaan multispesies sebagian besar bersifat spekulatif.
2. Kurangnya penelitian morfometrik dan meristik, maupun genetik yang mengkaji status jenis ikan lele yang jarang ditemukan.
3. Adanya spesies kriptik dan kemungkinan kelainan karakter morfologi pada jenis ikan lele karena perbedaan letak geografis maupun bentuk adaptasi di setiap perairan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dirumuskan masalah yang terjadi pada sumber daya ikan lencam adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana status terkini kekayaan jenis ikan lencam yang berdistribusi di Perairan Sulawesi?
2. Apakah terdapat karakter *truss morphometric* penciri atau pembeda antarjenis ikan lencam di Perairan Manado, Makassar, dan Wakatobi?
3. Apakah jenis ikan lencam di perairan Makassar dan spesimen yang tersimpan di Miyazaki University, Jepang termasuk spesies kriptik atau spesies baru.

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kekayaan jenis ikan lencam dengan pendekatan karakter morfologi
2. Menganalisis karakter *truss morphometric* penciri atau pembeda maupun karakter meristik antarjenis ikan lencam berdasarkan frekuensi *destructive fishing* di Perairan Manado, Makassar, dan Wakatobi.
3. Mengevaluasi karakter morfologi dan genetik jenis ikan lencam di perairan Makassar maupun spesimen yang tersimpan di Miyazaki University, Jepang.

D. Manfaat

1. Memberi informasi mengenai status terkini kekayaan jenis ikan lencam yang dikaji berdasarkan prinsip pertimbangan bukti ilmiah dengan pendekatan morfologi dan genetik.
2. Menjadi referensi bagi ahli taksonomi dalam mengevaluasi spesies kriptik yang ditemukan di berbagai perairan dunia.
3. Menjadi referensi bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan dan strategi yang tepat untuk konservasi jenis dan genetik ikan lencam di perairan Indonesia secara berkelanjutan.

E. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, dan tujuan penelitian, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Kekayaan jenis ikan lencam di Perairan Sulawesi telah mengalami penurunan.
2. Setiap jenis/spesies ikan lencam memiliki karakter penciri atau karakter pembeda. Ikan lencam yang sejenis/satu spesies yang hidup di habitat perairan berbeda akan memiliki karakter penciri/karakter pembeda berdasarkan habitat/lokasi.

3. Variasi morfologi dan genetik ikan lencam dari perairan Makassar maupun spesies kriptik di perairan dunia bukan sebagai spesies baru melainkan hanya perbedaan lingkungan.

F. Kebaruan (*Novelties*)

Kebaruan (*novelties*) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Status terkini kekayaan jenis ikan lencam yang berdistribusi di Perairan Sulawesi;
2. Marka morfologi sebagai karakter penciri/pembeda antara ikan lencam di Perairan Manado, Makassar, dan Wakatobi;
3. Penegasan secara morfologi dan genetik bagi jenis ikan lencam di perairan Makassar, Sulawesi Selatan dan spesimen yang tersimpan di Miyazaki University, Jepang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biologi Ikan Lencam

Famili Lethrinidae terdiri atas 39 spesies dalam lima genera yang dikelompokkan secara asimetris menjadi dua subfamili: Lethrininae (satu genus, *Lethrinus*) dan Monotaxinae (genera *Gnathodentex*, *Gymnocranius*, *Monotaxis* dan *Wattisia*) (Borsa et al., 2010; Nelson et al., 2016). Dari lima genera, genus *Lethrinus* yang paling banyak memiliki jumlah jenis sekitar 29 spesies. Ikan lencam merupakan ikan yang memiliki kecepatan pertumbuhan yang lambat, dengan nilai parameter pertumbuhan von Bertalanffy (K) sebesar 0,30 cm/tahun (Amin et al., 2010; Budimawan et al., 2002; Marriott et al., 2010; Mehanna et al., 2012; Taghavi et al., 2010). Berdasarkan tingkat trofik tersebut, ikan lencam dikelompokkan atas tiga, yaitu: (1) ikan lencam bentuk tubuh tinggi dengan tipe perenang lambat dan struktur gigi geraham belakang besar (2) ikan lencam bentuk tubuh tinggi dengan tipe perenang lambat dan bentuk gigi kerucut, dan (3) ikan lencam bentuk tubuh pendek dengan tipe perenang cepat dan bentuk gigi kerucut (Lo Galbo et al., 2002).

Karakteristik morfologi ikan lencam dicirikan dengan badan pipih tertutupi oleh sisik, pipi polos, bagian dasar sirip perut terdapat sisik besar (*axillary scale*) yang berkembang baik. Mulut terletak di ujung depan kepala ikan (tipe terminal) dengan bibir yang relatif tebal, bagian depan rahang terdapat gigi taring yang kuat, pada rahang bagian samping terdapat gigi kerucut dan gigi geraham besar, tidak terdapat gigi di bagian atas rongga mulut. Sirip punggung pertama menyatu dengan sirip kedua, terdiri atas 9 jari-jari keras dan 9 atau 10 jari-jari lunak, sirip dubur dengan 3 jari-jari keras, 8-10 jari-jari lunak. Pada beberapa spesies ujung ekor ditemukan bercagak (Kimura & Matsuura, 2003).

Ikan lencam memiliki umur yang relatif panjang, berdasarkan identifikasi otolit, *L. nebulosus* dapat mencapai umur maksimum 14 tahun (Grandcourt et. al., 2006). Umur tertua dari *L. nebulosus* mencapai 27 sampai 29 tahun (Al-Mamry, 2006), sedangkan penentuan umur berdasarkan sisik mencapai 14 tahun (Aldonov & Druzhinin, 1979) dan tulang belakang mencapai 6 tahun (Kuo & Lee, 1990).

Ikan lencam (Famili: Lethrinidae) merupakan salah satu kelompok ikan hermaprodit protogini. Ikan ini mengalami proses diferensiasi gonad dari fase betina ke jantan (Ebisawa, 2006). Ikan lencam memiliki strategi reproduksi dengan menghasilkan telur-telur pelagis (*pelagic eggs*). Telur-telur ikan lencam ini mempunyai berat jenis yang sama-sama atau lebih ringan dari berat jenis air laut, sehingga telur tersebut dapat melayang atau mengapung di atas permukaan. Sedangkan larva yang menetas dari

jenis telur ini akan hidup secara planktonik selama beberapa jam sampai berbulan-bulan (Lies., 1991).

Dari 29 spesies ikan leucis yang ditemukan perairan dunia hanya enam spesies yang tidak ditemukan di perairan Indonesia seperti *Lethrinus atlanticus* Valenciennes, 1830, *L. borbonicus* Valenciennes, 1830, *L. crocineus* Smith, 1959, *L. enigmatus* Smith, 1959, *L. haematopterus* Temminck & Schlegel, 1844, dan *L. miniatus* (Forster, 1801) (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis-jenis ikan leucis di seluruh perairan dunia (Carpenter & Allen, 1989; Carpenter & Randall, 2003; Nelson et al., 2016)

No	Nama Ilmiah	Nama Inggris	Lokasi Holotipe
1	<i>Lethrinus amboinensis</i> Bleeker, 1854	Ambon emperor	Ketambak, Lencam
2	<i>Lethrinus atkinsoni</i> (Seale, 1910)	Pacific yellowtail emperor	Ketambak, Lencam
3	<i>Lethrinus atlanticus</i> Valenciennes, 1830	Atlantic emperor	-
4	<i>Lethrinus borbonicus</i> Valenciennes, 1830	Snubnose emperor	-
5	<i>Lethrinus conchyliaius</i> (Smith, 1959)	Redaxil emperor	Ketambak, Lencam
6	<i>Lethrinus crocineus</i> Smith, 1959	Yellowtail emperor	-
7	<i>Lethrinus enigmatus</i> Smith, 1959	Blackeye emperor	-
8	<i>Lethrinus erythracanthus</i> Valenciennes, 1830	Orange-spotted emperor	Ketambak, Jangki, Lencam
9	<i>Lethrinus erythropterus</i> Valenciennes, 1830	Longfin emperor	Ketambak, Lencam
10	<i>Lethrinus genivittatus</i> Valenciennes, 1830	Longspine emperor	Ketambak, Lencam
11	<i>Lethrinus haematopterus</i> Temminck & Schlegel, 1844	Chinese emperor	-
12	<i>Lethrinus harak</i> (Forsskål, 1775)	Thumbprint emperor	Tambak Belah, Tompel, Tambak Ijo, Lencam
13	<i>Lethrinus laticaudis</i> (Alleyne & Macleay, 1877)	Grass emperor	-
14	<i>Lethrinus lentjan</i> (Lacépède, 1802)	Pink ear emperor	Tambak Pasir, Lencam, Drapapa, Butila, Sikuda
15	<i>Lethrinus mahsena</i> (Forsskål, 1775)	Sky emperor	-
16	<i>Lethrinus microdon</i> Valenciennes, 1830	Smalltooth emperor	Tambak Moncong, Lencam
17	<i>Lethrinus miniatus</i> (Forster, 1801)	Trumpet emperor	-
18	<i>Lethrinus nebulosus</i> (Forsskål, 1775)	Spangled emperor	Ketambak, Lencam
19	<i>Lethrinus obsoletus</i> (Forsskål, 1775)	Orange-striped emperor	Ketambak, Lencam
20	<i>Lethrinus olivaceus</i> Valenciennes, 1830	Longface emperor	Tambak Mongcong, Lencam
21	<i>Lethrinus ornatus</i> Valenciennes, 1830	Ornate emperor	Jangki, Sikuda, Lencam
22	<i>Lethrinus ravus</i> Carpenter & Randall, 2003	Drab emperor	Ketambak, Lencam
23	<i>Lethrinus reticulatus</i> Valenciennes, 1830	Red snout emperor	Ketambak, Lencam
24	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i> Sato, 1978	Spotcheek emperor	Ketambak, Lencam
25	<i>Lethrinus semicinctus</i> Valenciennes, 1830	Black blotch emperor	Ketambak, Lencam
26	<i>Lethrinus variegatus</i> Valenciennes, 1830	Slender emperor	Ketambak, Lencam
27	<i>Lethrinus xanthochilus</i> Klunzinger, 1870	Yellowlip emperor	Ketambak, Lencam
28	<i>Lethrinus</i> sp1	Maldiva emperor	Ketambak, Padi-padi, Lencam
29	<i>Lethrinus</i> sp2	Drab emperor	-

B. Kondisi Habitat

Ikan leucis tergolong kedalam ikan tipe peruaya (mangrove-lamun-terumbu karang) (Shibuno et al., 2016). Pada stadia larva dan juvenil ikan ini hidup secara bergerombol di daerah padang lamun dan mangrove, sedangkan ikan leucis dewasa cenderung hidup soliter di daerah terumbu karang. Ikan ini merupakan salah satu jenis ikan predator dan biasa makan di dasar perairan (*bottom feeder*) (Zaahkouk et al., 2017). Kondisi habitat ikan leucis di Perairan Sulawesi terus mengalami degradasi, hal ini diakibatkan oleh adanya kegiatan penangkapan yang tidak ramah lingkungan (*destructive fishing*) (Nurdin et al., 2015). Aktivitas ini berupa pengeboman ikan hampir terjadi di semua provinsi di Indonesia, salah satu daerah yang paling banyak ditemukan kasus *destructive fishing* adalah Perairan Sulawesi (Gambar 1).



Gambar 1. Peta daerah penangkapan ikan di Indonesia berdasarkan frekuensi *destructive fishing* (KKP, 2018)

Adanya tekanan penangkapan dan degradasi habitat juga berpengaruh terhadap tipe pertumbuhan ikan lele di perairan. Kondisi ini berbanding lurus dengan pola pertumbuhan di dunia yang sebagian besar memiliki pola pertumbuhan allometrik negatif akibat dari kurangnya ketersediaan makanan di perairan tersebut. Sebaliknya, jika keadaan lingkungan tempat biota tinggal sangat mendukung bagi pertumbuhan ikan, khususnya dalam hal ketersediaan makanan maka tipe pertumbuhan ikan lele allometrik positif (Amin et al., 2010) (Tabel 2).

Tingginya laju mortalitas penangkapan dan menurunnya laju mortalitas alami juga dapat menunjukkan dugaan terjadinya kondisi *growth overfishing* yaitu sedikitnya jumlah ikan tua, dan ikan muda tidak sempat tumbuh akibat tertangkap. Ikan lele memiliki panjang asimtot relatif panjang berdasarkan jenisnya seperti, *L. nebulosus* sekitar 50-87 cm, *L. lentjan* sekitar 32-47 cm, *L. atkinsoni* mencapai 32 cm, dan *L. olivaceus* dapat mencapai 66 cm (Mehanna et al., 2012).

Tabel 1. Pola pertumbuhan ikan lele berdasarkan hubungan panjang-berat di seluruh perairan dunia

Jenis	Daerah	a	b	Tipe Pertumbuhan	Sumber
<i>L. nebulosus</i>	Iran Selatan	0,05	2,72	allometrik negatif	Motlagh et al., 2010
	Teluk Aden	0,02	2,97	allometrik negatif	Sanders et al., 1984
	Kuwait	0,19	3,01	isometrik	Baddar, 1987
	Teluk Persia Selatan	-	2,88	allometrik negatif	Grandcourt et al., 2006
	Oman ♂	0,03	2,88	allometrik negatif	Mehanna et al., 2012
	Oman ♀	0,03	2,89	allometrik negatif	Mehanna et al., 2012
	Teluk Aden ♂	0,30	2,71	allometrik negatif	Al-Sakaff & Esseen, 1999
	Teluk Aden ♀	0,15	2,62	allometrik negatif	Al-Sakaff & Esseen, 1999
<i>L. lentjan</i>	Teluk Persia	0,04	2,78	allometrik negatif	Raeisi et al., 2011
	Laut Merah Mesir	0,01	3,03	isometrik	Zaahkoug et al., 2017
	Perairan Gurraici	-	2,04	allometrik negatif	Norau, 2010
<i>L. ornatus</i>	Kepulauan Seribu	-	3,34	allometrik positif	Sevtian, 2012
	Teluk Luar Kendari ♂	-	3,05	isometrik	Nurdiansyah et al., 2017
	Teluk Luar Kendari ♀	-	3,03	isometrik	Nurdiansyah et al., 2017

C. Karakter Morfometrik dan Meristik

Menurut Elawa (2004) morfometrik merupakan suatu penandaan yang menggambarkan bagian-bagian tertentu dari struktur tubuh ikan (*measuring methods*). Studi morfometrik secara kuantitatif memiliki tiga manfaat, yaitu: membedakan jenis kelamin dan spesies, mendeskripsikan pola-pola keragaman morfologis antarpopulasi atau spesies, serta mengklasifikasikan dan menduga hubungan filogenik (Strauss & Bond, 1990). Kajian morfometrik juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu spesies serta mengetahui perbedaan genetik maupun fenotip antarspesies ikan (Samaradivakara et al., 2012).

Ciri morfometrik adalah ciri yang berkaitan dengan ukuran tubuh atau bagian tubuh ikan, misalnya panjang total, panjang baku, dan sebagainya. Karakter morfometrik yang diukur adalah bagian-bagian tertentu dari struktur luar tubuh ikan dan ukuran-ukuran yang biasa digunakan dalam mengidentifikasi ikan. Karakter-karakter tersebut adalah panjang dasar sirip punggung, panjang batang sirip ekor, panjang hidung, panjang dasar sirip dada, panjang dasar sirip perut, panjang dasar sirip dubur, panjang total, panjang pangkal sirip punggung, diameter mata, tinggi badan, tinggi batang ekor, panjang sirip dada, dan panjang sirip perut (Burhanuddin, 2014).

Salah satu teknik pengamatan morfologi yang dapat memberikan hasil dengan akurasi cukup tinggi adalah pengukuran *truss morphometric*. Pengukuran karakter morfometrik menggunakan pola *truss network* memberikan gambaran bentuk badan yang lebih menyeluruh. Titik-titik *truss morphometric* saling dihubungkan oleh jarak *truss morphometric* secara horizontal, vertikal dan diagonal, sehingga bentuk tubuh ikan dapat dianalisis secara rinci dan spesifik. Metode ini menghasilkan karakterisasi geometrik bentuk badan ikan secara lebih sistematis dan menunjukkan peningkatan kemampuan dalam mengidentifikasi perbedaan-perbedaan bentuk badan ikan (Strauss & Bond, 1990).

Menurut Turan et al., (2004) teknik *truss morphometric* dapat mengidentifikasi kemungkinan terjadinya perbedaan morfologi organisme yang mempunyai hubungan kekerabatan dekat, baik interspesies maupun intraspesies, termasuk perbedaan antara hewan jantan dan betina. Menurut Brezky & Doyle (1988) menyatakan bahwa *truss morphometric* merupakan teknik yang dilakukan untuk mengukur jarak *truss morphometric* pada bagian tertentu di luar tubuh, atas dasar titik-titik patokan (titik-titik *truss morphometric*). Oleh karena itu, teknik *truss morphometric* lebih dianjurkan dibandingkan dengan morfometrik biasa karena pada metode morfometrik biasa jarak jumlah *trussnya* sangat terbatas sehingga kurang mampu memberikan gambaran bentuk tubuh.

Sedangkan ciri meristik adalah ciri yang berkaitan dengan jumlah bagian tubuh ikan, misalnya jumlah sisik pada gurat sisi, jumlah jari-jari keras dan lemah pada sirip punggung dan sebagainya. Penelitian yang berkaitan dengan morfologi hanya dilakukan pada jenis *L. erythracanthus*, *L. olivaceus*, *L. microdon*, dan *L. ravus*. Informasi ini sebagian besar hanya terbatas pada bentuk tubuh dan warna ikan lele (Carpenter & Randall, 2003; Nair, 2007; Truong & Dang, 2015).

D. Nomenklatur

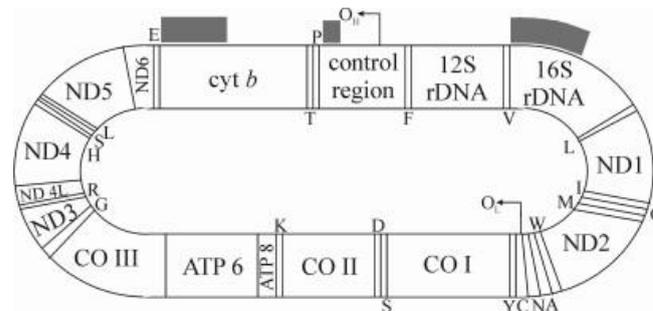
Identifikasi setiap jenis ikan diperlukan sistem penamaan khusus mulai dari tingkat kerajaan hingga tingkat spesies. Penamaan suatu ikan digolongkan menjadi nama ilmiah dan nama lokal. Pemberian nama lokal digunakan secara luas oleh masyarakat, tetapi penamaan ini memiliki kekurangan pada perbedaan nama ikan setiap bahasa yang berbeda. Berbeda dengan nama ilmiah merupakan nama yang tetap dengan beberapa sinonim yang mengacu pada suatu kelompok ikan. Hal ini, untuk menghindari kekacauan dalam pemakaian nama ilmiah penerapan nama-nama takson dari tingkat suku ke bawah berdasarkan sistem penamaan (Burhanuddin, 2014). Beberapa sistem penamaan pada ikan antara lain:

1. Holotipe (*holotype*) adalah suatu spesimen yang diberikan oleh pengarang atau ditunjuk olehnya sebagai dasar waktu pertama kali mengusulkan nama jenis baru.
2. Tipe pengganti (*lectotype*), ialah suatu spesimen yang dipilih sebagai holotipe dari suatu spesies atau subspecies jika pembuat nama gagal untuk menunjuk suatu holotipe.
3. Isotipe (*isotype*), ialah duplikat (bagian dari suatu nomor koleksi yang dikumpulkan dalam waktu yang sama) dari holotipe.
4. Sintipe (*syntype*), ialah salah satu daripada beberapa spesimen atau contoh yang disebutkan pengarang kalau holotipe tidak ditentukan, atau salah satu daripada beberapa spesimen yang bersama-sama ditunjuk sebagai tipe.
5. Neotipe (*neotype*) adalah suatu spesimen atau unsur lain yang dipilih dari koleksi baru untuk dijadikan tipe tatanama karena bahan asli tidak ada lagi.
6. Paratipe (*paratype*) adalah spesimen selain yang disitir dalam protologue selain holotipe dan isotipe.
7. Isosintipe (*isosyntype*) adalah jika sintipe memiliki duplikat.
8. Isonotipe (*isoneotype*) adalah duplikat dari neotipe.
9. Isolektotipe (*isolectotype*) adalah duplikat lektotipe.
10. Paralektotipe (*paralectotype*) adalah spesimen yang sebelumnya isotipe dan salah satu sintipe ditunjuk sebagai lektotipe.

11. Topotipe (*topotype*) adalah spesimen dari jenis yang sama dari tipe yang dikoleksi dari lokasi tepat tipe dikoleksi.
12. Equiotipe (*equiotipe*) adalah jika spesimen baru jika isotype, lektotipe, neotype salah atau ambigu.

E. Marka Molekuler

Beberapa metode yang lazim digunakan sebagai penanda genetik pada ikan lele yakni sitokrom b, 16S rDNA, D-Loop, mikrosatelit atau *simple sequence repeat* (SSR), dan gen sitokrom oksidasi subunit 1 (COI) (Healey et al., 2018; Lo Galbo et al., 2002; Sivaraman et al., 2018) (Gambar 2). Di antara beberapa metode tersebut yang paling sering dan umum digunakan adalah metode pendekatan COI. Gen COI merupakan salah satu gen penyandi dalam genom mtDNA yang dikenal memiliki banyak kelebihan salah satunya yakni gen COI sedikit sekali mengalami delesi dan insersi pada sekuennya serta banyak bagian yang bersifat *conserve* (lestari) (Hebert et al., 2003). Hal tersebut yang menyebabkan fragmen COI berguna untuk merekonstruksi keragaman filogenetik pada cabang evolusi di bawah tingkat spesies. Mitokondria mengalami evolusi cepat, tetapi ada bagiannya yaitu fragmen COI yang mengalami evolusi rendah, sehingga dipilih sebagai karakter genetika. Alasan lain dipilih sitokrom oksidase I adalah sedikit perbedaan basa nukleotida yang dijumpai diharapkan mampu mengidentifikasi spesies secara akurat (Zein & Prawiradilaga 2013). Menurut Ward et al., (2005) gen COI pada ikan memiliki panjang nukleotida 655 bp.



Gambar 2. Peta fungsional mitokondria ikan (Kochzius, 2002)

Berdasarkan gen sitokrom b, Lo Galbo et al., (2002) berhasil menunjukkan bahwa kelompok taksa lele adalah monofiletik dengan *L. miniatus* sebagai tetua atau *sister species* bagi kelompok dengan bentuk tubuh yang pendek dan gigi berbentuk kerucut dan kelompok bentuk tubuh yang tinggi dengan kehadiran gigi geraham. Namun demikian Lo Galbo et al., (2002) gagal membuktikan bahwa famili Lethrinidae adalah monofiletik. Sedangkan menurut Healey et al., (2018) analisis variasi genetik menggunakan penanda mikrosatelit masih terbatas dalam mengidentifikasi spesies yang samar.

Spesies kriptik merupakan dua atau lebih spesies yang berbeda diklasifikasikan dalam satu nama spesies akibat karakteristik morfologi yang samar (Trontelj, 2012). Sebaliknya, pendekatan mtDNA dengan metode CO1 menunjukkan hasil yang konsisten dalam mengidentifikasi adanya spesies yang samar sehingga dapat digunakan dalam menentukan wilayah pengelolaan konservasi perikanan (Healey et al., 2018). Gen sitokrom oksidase pada mitokondria terbagi menjadi tiga subunit yaitu sitokrom oksidase subunit I, II dan III. DNA mitokondria mengalami evolusi cepat tetapi ada bagiannya yaitu gen sitokrom oksidase yang mengalami evolusi rendah atau sedikit sekali mengalami delesi dan insersi pada sekuennya serta banyak bagian yang bersifat lestari (Hubert et al., 2015).

F. Pengelolaan Sumber Daya Ikan Lencam

Berdasarkan peraturan pemerintah Republik Indonesia No. 60 tahun 2007, konservasi sumber daya ikan adalah upaya perlindungan, pelestarian dan pemanfaatan sumber daya ikan, termasuk ekosistem, jenis, dan genetik untuk menjamin stok, ketersediaan, dan kesinambungannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan kekayaan sumber daya ikan. Konservasi jenis ikan dilakukan bertujuan melindungi jenis ikan terancam punah, memertahankan kekayaan jenis ikan, memelihara keseimbangan dan kemantapan ekosistem, memanfaatkan sumber daya ikan secara berkelanjutan. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan asas manfaat, keadilan, kemitraan, pemerataan, keterpaduan, keterbukaan, efisiensi, dan berkelanjutan.

Prinsip pelaksanaan konservasi sumber daya ikan berdasarkan pendekatan kehati-hatian, pertimbangan bukti ilmiah, kearifan lokal, pengelolaan berbasis masyarakat, pencegahan tangkap lebih, teknik penangkapan yang ramah lingkungan, dan pemanfaatan berkelanjutan. Konservasi jenis ikan berdasarkan penggolongan jenis ikan (dilindungi dan tidak dilindungi), penetapan status (terancam punah, langka, endemik, dan sebagainya), pemeliharaan, pengembangbiakan, dan penelitian dan pengembangan. Sedangkan konservasi genetik adalah upaya melindungi, melestarikan, dan memanfaatkan sumber daya ikan, untuk menjamin stok, ketersediaan, dan kesinambungan sumber daya genetik ikan bagi generasi sekarang maupun yang akan datang.

Kriteria konservasi sumber daya ikan telah diatur berbagai kebijakan baik nasional maupun internasional seperti peraturan pemerintah republik Indonesia nomor 7 tahun 1999 tentang pengawetan jenis tumbuhan dan satwa, peraturan pemerintah Republik Indonesia No. 60 tahun 2007, konservasi sumber daya ikan, CITES dan *IUCN Red List*.

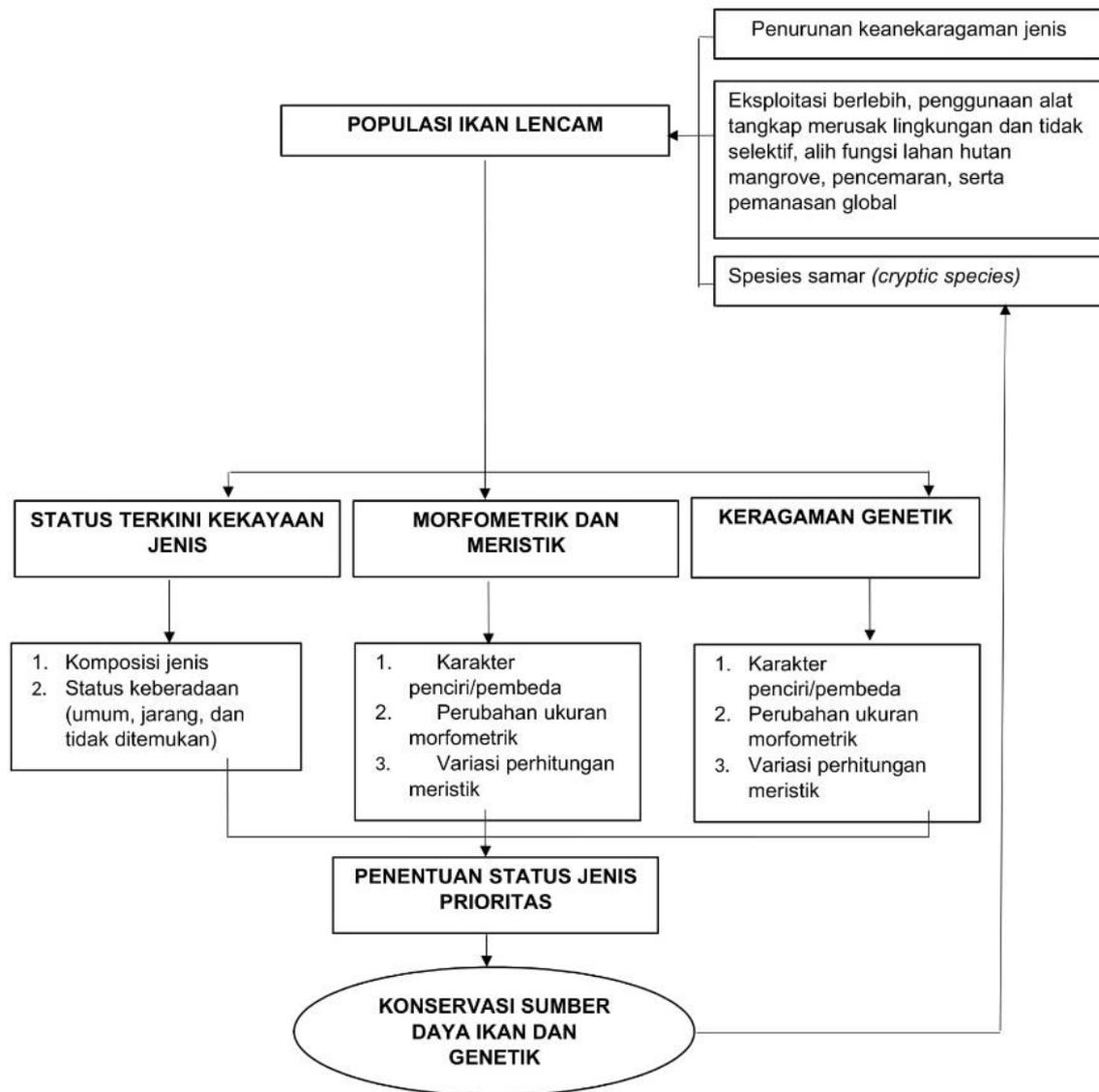
Pengawasan spesies dalam CITES dikelompokkan dalam tiga kelompok yang dinamakan Apendiks I, Apendiks II, dan Apendiks III. Penetapan daftar spesies perkelompok (Apendiks) ditentukan berdasarkan konvensi dalam konferensi para pihak (COP). Tiga apendiks dalam CITES yaitu: Apendiks I adalah daftar seluruh spesies tumbuhan dan satwa liar yang dilarang dalam segala bentuk perdagangan internasional. Apendiks II adalah daftar spesies yang tidak terancam kepunahan, tetapi mungkin terancam punah bila perdagangan terus berlanjut tanpa adanya pengaturan. Apendiks III adalah daftar spesies tumbuhan dan satwa liar yang dilindungi di negara tertentu dalam batas-batas kawasan habitatnya, dan suatu saat peringkatnya bisa dinaikkan ke dalam Apendiks II atau Apendiks I.

Kategori konservasi berdasarkan *IUCN Red List meliputi Extinct* (EX; punah); *Extinct in the Wild* (EW; punah di alam liar); *Critically Endangered* (CR; kritis), *Endangered* (EN; genting atau terancam), *Vulnerable* (VU; rentan), *Near Threatened* (NT; hampir terancam), *Least Concern* (LC; berisiko rendah), *Data Deficient* (DD; informasi kurang), dan *Not Evaluated* (NE; belum dievaluasi). Kriteria tersebut dijelaskan sebagai berikut:

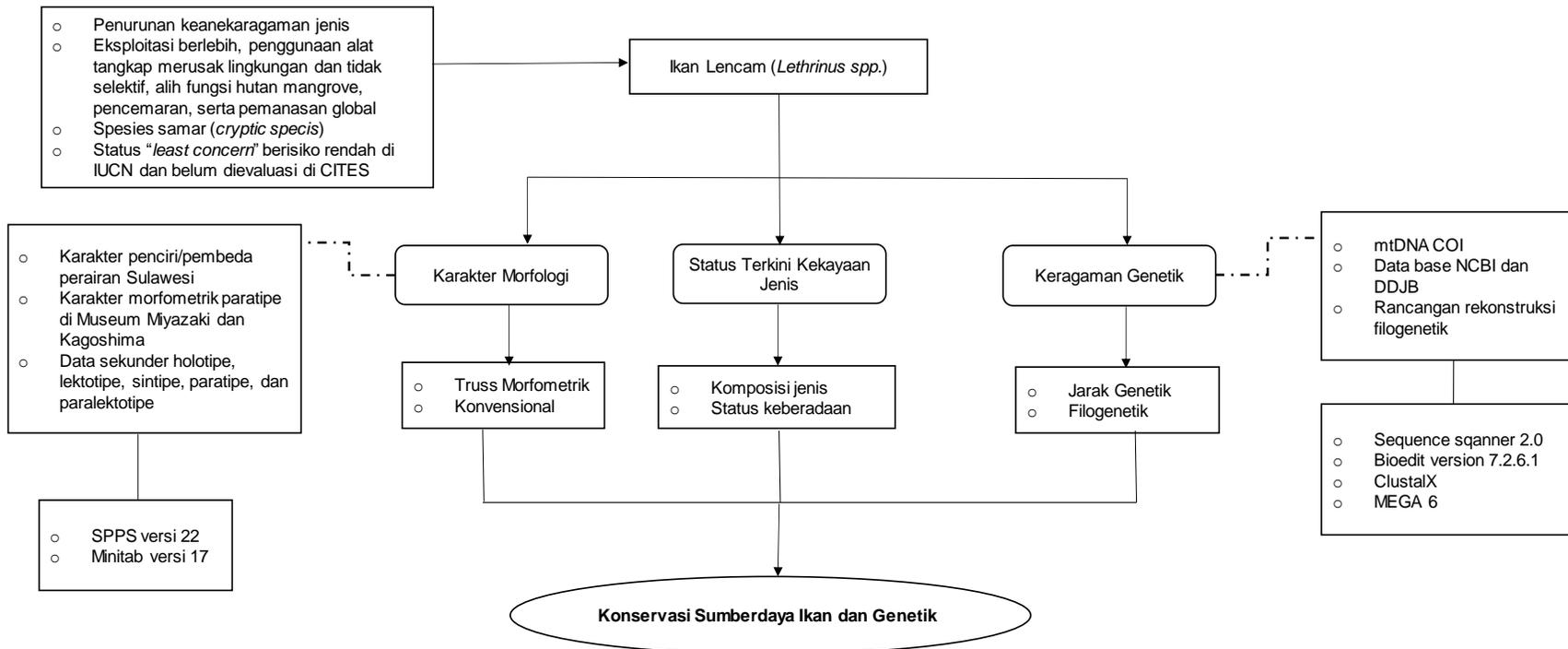
1. *Extinct* (EX; punah) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang terbukti (tidak ada keraguan lagi) bahwa individu terakhir spesies tersebut sudah mati.
2. *Extinct in the Wild* (EW; punah di alam liar) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang hanya diketahui berada di tempat penangkaran atau di luar habitat alami mereka.
3. *Critically Endangered* (CR; kritis) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang menghadapi risiko kepunahan di waktu dekat.
4. *Endangered* (EN; genting atau terancam) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang sedang menghadapi risiko kepunahan di alam liar yang tinggi pada waktu yang akan datang.
5. *Vulnerable* (VU; rentan) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang sedang menghadapi risiko kepunahan di alam liar pada waktu yang akan datang.
6. *Near Threatened* (NT; hampir terancam) adalah status konservasi yang diberikan kepada spesies yang mungkin berada dalam keadaan terancam atau mendekati terancam kepunahan, meski tidak masuk ke dalam status terancam.
7. *Least Concern* (LC; berisiko rendah) adalah kategori IUCN yang diberikan untuk spesies yang telah dievaluasi namun tidak masuk ke dalam kategori manapun.

8. *Data Deficient* (DD; informasi kurang), adalah sebuah takson dinyatakan “informasi kurang” ketika informasi yang ada kurang memadai untuk membuat perkiraan akan risiko kepunahannya berdasarkan distribusi dan status populasi.
9. *Not Evaluated* (NE; belum dievaluasi); sebuah takson dinyatakan “belum dievaluasi” ketika tidak dievaluasi untuk kriteria-kriteria di atas.

G. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 3. Kerangka pikir penelitian dengan judul analisis morfometrik, meristik, dan keragaman genetik ikan lencam dalam rangka konservasi



Gambar 4. Peta jalan penelitian ikan lencam (Famili Lethrinidae) dalam rangka konservasi