

**SKRIPSI**

**DNA BARCODE IKAN TILAPIA BERDASARKAN  
GEN SITOKROM C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)**

***DNA BARCODE OF TILAPIA BASED ON  
CYTOCHROME C OXIDASE SUBUNIT I (COI) GENE***



**Anita Ogara  
05051281924066**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
JURUSAN PERIKANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023**

## SUMMARY

**ANITA OGARA.** DNA Barcode of Tilapia Based on Cytochrome C Oxidase Subunit I (COI) Gene (Supervised by **MOCHAMAD SYAIFUDIN** and **DADE JUBAEDAH**).

Tilapia is an introduced fish for aquaculture and continues to develop through hybridization. The purpose of this study was to determine the mitochondrial DNA COI sequence, the genetic distances and phylogenetic. This research was conducted in September 2022-Januari 2023. Samples were obtained from Lake Toba, Lake Ranau and the *Balai Riset Pemuliaan Ikan* (BRPI) Sukamandi, West Java. Five samples were taken from each lake and five strains of blue tilapia and red tilapia resulting from genetic development at BRPI. The stages of DNA barcoding consist of DNA extraction, DNA amplification using Polymerase Chain Reaction (PCR), electrophoresis, and COI gene sequencing. The COI mtDNA gene fragment was amplified at 52 °C for 45 seconds with 31 cycles. The nucleotide length of the sample COI gene is 690 base pairs (bp). Basic Local Alignment Search Tool nucleotide (BLASTn) results of samples TTA2, TTB1, TTB2, TTB3, TTB4, TTB5, TRA3, TRA4, TRB4, TRR1, TRR3, TRR5, TBR1, TBR2, TBR3, TBR4 and TBR5 related to Nigerian and Malaysian tilapia (99, 42-100%). Samples TTA1, TTA3, TTA4, TRA5 and TRB3 are related to *Oreochromis mossambicus* from the Philippines (99.42-100%) and Thailand (99.42%). Sample TRA1 is related to Nigerian blue tilapia (100%). While TTA5 is related to the blue tilapia of the Philippines (100%), China (99.27%) and Nigeria (99.70%). Samples TRB1, TRB2, TRB5 and TRR4 were related to Malaysian (99.42-100%) and Israel (100%) *Oreochromis urolepis* species. All samples have a genetic distance of 0.00 (0%) to each of the BLASTn species. The phylogenetic tree samples from each location form four separate subclusters (*O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. aureus*, *O. urolepis*) but are still in the same cluster with a bootstrap value of 90%. The results of water quality parameter measurements include temperature ranging from 24.6-30.3 °C, water transparency 0.35-5.60 m, pH 7.0-8.5, DO 3.82-5.8 mgL<sup>-1</sup>, ammonia 0.07-0.21 mgL<sup>-1</sup>, alkalinity 38- 60 mgL<sup>-1</sup>.

Keywords: BRPI Sukamandi, COI gene, phylogenetic, Ranau Lake, Toba Lake, tilapia.

## RINGKASAN

**ANITA OGARA.** DNA Barcode Ikan Tilapia Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI) (Dibimbing oleh **MOCHAMAD SYAIFUDIN dan DADE JUBAEDAH**).

Tilapia merupakan ikan introduksi untuk akuakultur dan terus mengalami pengembangan melalui hibridisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sekuen COI DNA mitokondria, jarak genetik dan filogenetik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022-Januari 2023. Sampel didapatkan dari Danau Toba, Danau Ranau dan Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat. Sampel diambil sebanyak lima ekor dari setiap danau dan masing-masing lima ekor strain ikan nila biru dan nila merah hasil pengembangan genetik di BRPI. Tahapan DNA *barcoding* terdiri dari ekstraksi DNA, amplifikasi DNA menggunakan *Polymerase Chain Reaction* (PCR), elektroforesis, dan sekuensing gen COI. Fragmen gen COI mtDNA diamplifikasi pada suhu 52 °C selama 45 detik dengan 31 kali siklus. Panjang nukleotida gen COI sampel 690 *base pairs* (bp). Hasil *Basic Local Alignment Search Tool nucleotide* (BLASTn) sampel TTA2, TTB1, TTB2, TTB3, TTB4, TTB5, TRA3, TRA4, TRB4, TRR1, TRR3, TRR5, TBR1, TBR2, TBR3, TBR4 dan TBR5 berkerabat dengan ikan nila Nigeria dan Malaysia (99,42-100%). Sampel TTA1, TTA3, TTA4, TRA5 dan TRB3 berkerabat dengan ikan mujair Filipina (99,42-100%) dan Thailand (99,42%). Sampel TRA1 berkerabat dengan ikan nila biru Nigeria (100%). Sedangkan TTA5 berkerabat dengan ikan nila biru Filipina (100%), China (99,27%) dan Nigeria (99,70%). Sampel TRB1, TRB2, TRB5 dan TRR4 berkerabat dengan spesies *Oreochromis urolepis* Malaysia (99,42-100%) dan Israel (100%). Seluruh sampel memiliki jarak genetik sebesar 0,00 (0%) terhadap masing-masing spesies hasil BLASTn. Pohon filogenetik sampel dari masing-masing lokasi membentuk empat *subcluster* terpisah (*O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. aureus*, *O. urolepis*) namun masih dalam satu *cluster* yang sama dengan nilai *bootstrap* sebesar 90%. Hasil pengukuran parameter kualitas air meliputi suhu yang berkisar antara 24,6-30,3°C, kecerahan perairan 0,35-5,60 m, pH 7,0-8,5, DO 3,82-5,8 mgL<sup>-1</sup>, amonia 0,07-0,21 mgL<sup>-1</sup>, alkalinitas 38- 60 mgL<sup>-1</sup>.

Kata kunci: BRPI Sukamandi, Danau Ranau, Danau Toba, filogenetik, gen COI, ikan tilapia.

# **SKRIPSI**

## **DNA BARCODE IKAN TILAPIA BERDASARKAN GEN SITOKROM C OKSIDASE SUB UNIT I (COI)**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan  
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



**Anita Ogara**  
**05051281924066**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
JURUSAN PERIKANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### DNA BARCODE IKAN TILAPIA BERDASARKAN GEN SITOKROM C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)

### SKRIPSI

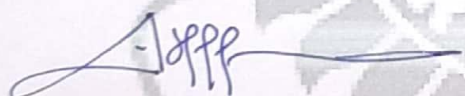
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan  
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

Anita Ogara  
05051281924066

Pembimbing I

Indralaya, April 2023  
Pembimbing II

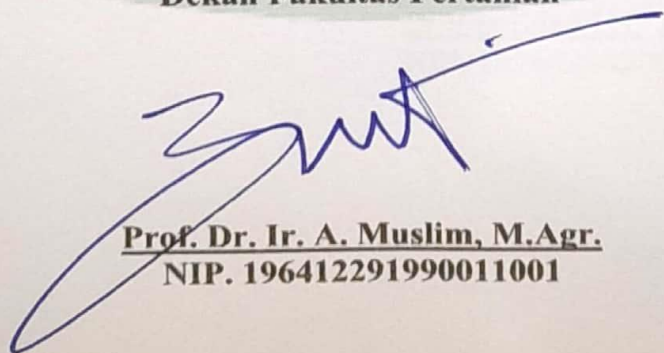


M. Syaifudin, S.Pi., M. Si., Ph. D.  
NIP. 197603032001121001



Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si.  
NIP. 197707212001122001


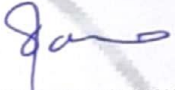

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr.  
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan judul "DNA Barcode Ikan Tilapia Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)" oleh Anita Ogara telah dipertahankan dihadapan komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal Maret 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

### Komisi Penguji

1. Mochamad Syaifudin, S.Pi., M.Si., Ph.D Ketua   
NIP. 197603032001121001
2. Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si Sekretaris   
NIP. 197707212001122001
3. Dr. Muslim, S.Pi., M.Si Anggota   
NIP. 197803012002121003



Indralaya April 2023  
Ketua Jurusan Perikanan

Dr. Ferdinand H. Taqwa, S.Pi., M.Si.  
NIP. 197602082001121003

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anita Ogara

NIM : 05051281924066

Judul : DNA Barcode Ikan Tilapia Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil tulisan saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, April 2023



  
Anita Ogara

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 29 Januari 2002 di Desa Tanjung Jati, Kecamatan Warkuk Ranau Selatan, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Penulis memulai pendidikan dasar di SDN 2 Kota Batu pada tahun 2007, Penulis melanjutkan pendidikan di MTsN 3 OKUS pada tahun 2013 dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Warkuk Ranau Selatan pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Program Studi Budidaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur SBMPTN pada tahun 2019. Saat ini penulis sedang melaksanakan tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Sriwijaya.

Pada tahun 2020 penulis juga memegang jabatan sebagai Sekretaris Dinas MEDINFO Himpunan Mahasiswa Aquaculture dan menjadi perwakilan Bina Desa IBEMPI tingkat nasional di STIPER Dharma Wacana Metro, pada tahun 2021 penulis memegang jabatan sebagai Sekretaris Eksternal Dinas HUMAS Himpunan Mahasiswa Aquaculture, dan menjadi Sekretaris Dinas POLPRO BEM KM FP Universitas Sriwijaya, ditahun yang sama penulis dipercaya sebagai asisten dosen mata kuliah Ikhtologi dan Avertebrata Air dan berhasil menjadi juara harapan satu Kompetisi Debat Mahasiswa Indonesia Tingkat Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Pada tahun 2022 penulis dipercaya sebagai asisten dosen mata kuliah Genetik dan Pemuliaan Ikan, Biodiversitas Genetika dan Konservasi Akuatik, Budidaya Tawar Payau dan Laut, dan Pertanian Lahan Basah.

Pada bulan Desember 2020 – Januari 2021 penulis melaksanakan kegiatan magang di Balai Benih Ikan (BBI) Pagar Alam, Sumatera Selatan. Penulis melaksanakan kegiatan Praktek Lapangan (PL) pada bulan Juni – Juli 2022 di Unit Usaha Mandiri Perikanan (UUMP) Rumah Cupang Ajis Sarjana, Indralaya, Ogan Ilir dengan judul “Penggunaan Tepung Wortel untuk Pakan Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*) di Unit Usaha Mandiri Perikanan UUMP) Rumah Cupang Ajis Sarjana, Indralaya, Ogan Ilir”



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul DNA Barcode Ikan Tilapia Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI).

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis
2. Bapak Mochamad Syaifudin, S.Pi., M.Si., Ph.D selaku pembimbing I, kepada Ibu Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si selaku pembimbing II dan Ibu Mirna Fitriani, S.Pi., M.Si., pH.D selaku penasehat akademik telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
3. Bapak Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si selaku Koordinator Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
4. Kepala Balai Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi beserta jajaran, nelayan Danau Ranau serta nelayan Danau Toba yang telah membantu dalam pengambilan sampel
5. M. Rizky Khatami beserta teman-teman penelitian DNA barcode angkatan 2019 (*Black Mamba*), angkatan 2018 dan 2017 yang telah membantu.
6. Analis Laboratorium Dasar Perikanan, Laboratorium Mikrobiologi Teknologi Hasil Perikanan dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Kedokteran yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat dijadikan acuan bagi yang membutuhkannya.

Indralaya, April 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Kegunaan.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Sistematika dan Morfologi Ikan Tilapia .....	4
2.2. Habitat dan Kebiasaan Makan Ikan Tilapia .....	7
2.3. DNA Barcoding .....	8
2.4. Isolasi DNA dan PCR .....	8
2.5. Kekekabatan Spesies.....	10
2.6. Konservasi Genetik .....	11
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	12
3.1. Tempat dan Waktu .....	12
3.2. Metoda .....	12
3.3. Parameter yang Diamati.....	16
3.4. Analisis Data .....	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1. Morfometrik dan Meristik.....	19
4.2. Konsentrasi dan Kemurnian DNA Kuantitatif.....	25
4.3. Amplifikasi dan Visualisasi DNA.....	27
4.4. Persentase Kemiripan Nukleotida Ikan Tilapia.....	28
4.5. Jarak Genetik dan Filogenetik.....	32
4.6. Kualitas Air .....	40

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan .....	42
5.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	43
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Ikan Mujair ( <i>Oreochromis mossambicus</i> ).....	4
Gambar 2.2. Ikan Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	5
Gambar 2.3. Ikan Nila Merah ( <i>Oreochromis niloticus</i> (strain hibrida)).....	6
Gambar 2.4. Ikan Nila Biru ( <i>Oreochromis aureus</i> ) .....	7
Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Sampel Ikan Tilapia.....	14
Gambar 4.1. Ikan Tilapia Asal Danau Ranau dan Danau Toba.....	23
Gambar 4.2. Ikan Tilapia Asal BRPI Sukamandi .....	24
Gambar 4.3. Visualisasi Produk PCR Gen COI Ikan Tilapia .....	27
Gambar 4.4. Jarak Genetik Ikan Tilapia .....	33
Gambar 4.5. Pohon Filogenetik Ikan Tilapia .....	38

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	12
Tabel 3.2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian .....	13
Tabel 3.3. Parameter Kualitas Air yang Diukur.....	17
Tabel 4.1. Morfometrik dan Meristik Tilapia Tangkapan Alam Danau Toba (TTA).....	19
Tabel 4.2. Morfometrik dan Meristik Tilapia Budidaya Danau Toba (TTB).....	20
Tabel 4.3. Morfometrik dan Meristik Tilapia Tangkapan Alam Danau Ranau (TRA) .....	20
Tabel 4.4. Morfometrik dan Meristik Tilapia Budidaya Danau Ranau (TRB).....	21
Tabel 4.5. Morfometrik dan Meristik Nila Merah BRPI Sukamandi (TRR) .....	21
Tabel 4.6. Morfometrik dan Meristik Nila Biru BRPI Sukamandi (TBR) .....	22
Tabel 4.7. Konsentrasi dan Kemurnian DNA Kuantitatif.....	25
Tabel 4.8. BLASTn Sampel Tilapia Tangkapan Alam Danau Toba .....	28
Tabel 4.9. BLASTn Sampel Tilapia Budidaya Danau Toba.....	29
Tabel 4.10. BLASTn Sampel Tilapia Tangkapan Alam Danau Ranau .....	29
Tabel 4.11. BLASTn Sampel Tilapia Budidaya Danau Ranau.....	29
Tabel 4.12. BLASTn Sampel Nila Merah BRPI Sukamandi.....	30
Tabel 4.13. BLASTn Sampel Nila Biru BRPI Sukamandi .....	30
Tabel 4.14. Hasil Pengukuran Kualitas Air .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Prosedur Ekstraksi DNA Dengan Metode <i>GeneAid</i> .....	52
Lampiran 2. Pengukuran Konsentrasi Dan Kemurnian DNA.....	53
Lampiran 3. Pensejajaran Gambar Visualisasi PCR Gen COI .....	54
Lampiran 4. Primer Yang Digunakan Dalam Penelitian .....	57
Lampiran 5. Sekuens Nukleotida Gen COI Sampel Ikan Tilapia .....	58
Lampiran 6. Sekuens Nukleotida Gen COI Ikan Tilapia <i>Genbank</i> .....	68
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	76

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tilapia merupakan sebutan umum untuk jenis ikan Cichlidae yang ratusan ragamnya, termasuk jenis ikan nila dan mujair. Jenis-jenis ikan tilapia yang terdapat di Indonesia meliputi ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan nila biru (*Oreochromis aureus*), ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan strain-strain ikan tilapia hasil pengembangan genetik seperti nila merah, nila GIFT dan nila BEST. Tilapia merupakan salah satu jenis ikan konsumsi introduksi dari perairan Afrika (Arifin, 2016). Menurut Trewavas (1983) ikan tilapia pertama kali diintroduksi ke Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Sulawesi. Ikan mujair pertama kali ditemukan di muara Sungai Serang Pantai Selatan Blitar, Jawa Timur pada tahun 1939. Spesies ikan nila diperkenalkan pertama kali ke negara-negara Afrika sekitar tahun 1940, kemudian pada tahun 1950 dibawa ke negara-negara Asia, Amerika bagian Selatan, Tengah, dan Utara pada tahun 1960 dan 1970 (Dailami *et al.*, 2021). Sedangkan ikan nila diintroduksi ke Indonesia pada tahun 1969 (Trewavas, 1983). Menurut Nugroho (2013), ikan nila yang didatangkan ke Indonesia berasal dari Taiwan (1969), Thailand (1990), dan Filipina (1994).

Ikan tilapia tersebar menyeluruh di Indonesia salah satunya di Pulau Sumatera, misalnya di Danau Toba dan Danau Ranau. Danau Toba adalah danau terbesar di Sumatera dan Asia Tenggara, yang terletak di Sumatera Utara (Lukman, 2013). Danau Ranau merupakan danau terbesar kedua di Pulau Sumatera, terletak di perbatasan Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung dan Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan Provinsi Sumatera Selatan (Samuel dan Subagja, 2011). Tilapia diintroduksi sebagai ikan konsumsi dalam sistem akuakultur, dan terus mengalami pengembangan melalui hibridisasi oleh lembaga riset pemuliaan genetik di Indonesia. Pengembangan perikanan budidaya diarahkan untuk peningkatan produksi hasil perikanan yang mulai menurun akibat aktivitas penangkapan yang tinggi (Arifin *et al.*, 2007). Berkembangnya kegiatan perikanan semakin banyak produk-produk perikanan yang dipasarkan, sehingga kesalahan pelabelan terhadap produk sangat mungkin terjadi (Wong *et al.*, 2011).

Ikan nila dan mujair merupakan ikan *invasive* perairan darat, pencampuran genetik keduanya sering kali terjadi, sehingga mengakibatkan penurunan keragaman genetik akibat adanya hibridisasi (Firmat *et al.*, 2013). Dasar upaya konservasi genetik ikan tilapia hasil tangkapan dan budidaya bisa dilakukan dengan mengetahui karakteristik genetik dan menganalisis DNA mitokondria. Identifikasi spesies yang umum digunakan adalah melalui pendekatan morfologi dan karakteristik spesies. Namun, teknik ini bersifat subjektif sehingga menimbulkan informasi yang tumpang tindih terhadap karakteristik dari taksa yang berdekatan (Rasmussen dan Kellis, 2011). Oleh sebab itu, diperlukan identifikasi pada tingkat molekuler dengan menggunakan teknik DNA *Barcoding* menggunakan gen COI (*Cytochrome C Oxidase Subunit I*).

Identifikasi dan analisis filogenetik spesies ikan tilapia telah dilakukan antara lain pada kelompok ikan tilapia yang diambil dari beberapa perairan di Afrika dan Timur Tengah (Syarifudin *et al.*, 2019), spesies ikan tilapia asal Timur Laut Nigeria (Sogbesan *et al.*, 2017) dan pada spesies ikan tilapia asal perairan darat Merauke (Saleky *et al.*, 2021). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Saleky *et al.* (2021), pada spesies ikan nila dan mujair berdasarkan DNA mitokondria gen COI asal perairan darat Merauke diperoleh panjang sekuen DNA 656 bp, dengan persentase kemiripan 100% ikan nila untuk spesies yang dianggap ikan mujair. Namun identifikasi status genetik dan keanekaragaman genetik ikan tilapia hasil tangkapan dan budidaya di Danau Ranau dan Danau Toba serta tingkat kekerabatannya dengan ikan tilapia hasil pengembangan genetik di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh sebab itu perlu dilakukan identifikasi untuk mengetahui persentase kemiripan spesies, jarak genetik dan tingkat kekerabatannya secara filogenetik antar spesies tersebut berdasarkan gen COI untuk menghindari terjadinya hibridisasi antar spesies.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Ikan nila dan ikan mujair merupakan spesies introduksi yang menyebar di seluruh Indonesia sebagai ikan konsumsi. Namun, pencampuran materi genetik keduanya mengakibatkan penurunan keragaman genetik akibat adanya hibridisasi. Oleh sebab itu, perlu adanya penelitian mengenai identifikasi dan analisis spesies



ikan tilapia di alam dengan strain ikan tilapia hasil pengembangan genetik. Hal ini dilakukan sebagai salah satu upaya dari konservasi genetik dan pemuliaan ikan tilapia. Teknik sekuensing COI terhadap ikan tilapia hasil tangkapan dan budidaya di Danau Ranau dan Danau Toba, serta tilapia hasil pengembangan genetik di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat belum pernah dilakukan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sekuens nukleotida gen COI, jarak genetik dan tingkat kekerabatan ikan tilapia, asal perairan Danau Ranau, Danau Toba dan strain tilapia hasil pengembangan genetik di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat, serta dengan ikan tilapia maupun spesies lain yang terdapat di data base *GenBank*.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui keanekaragaman sekuen gen COI DNA mitokondria, jarak genetik dan tingkat kekerabatan pada ikan tilapia di Danau Ranau, Danau Toba, dan hasil pengembangan genetik di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat, sebagai dasar upaya konservasi pemuliaan genetik ikan tilapia antar spesies ikan tilapia hasil tangkapan dan budidaya dengan spesies yang ada pada pusat data *GenBank*.
2. Mengetahui parameter fisika dan kimia habitat ikan tilapia.

#### **1.4. Kegunaan**

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai keanekaragaman spesies, jarak dan kekerabatan antar spesies ikan tilapia berdasarkan gen COI DNA mitokondria yang terdapat di Danau Ranau dan Danau Toba serta ikan tilapia hasil pengembangan genetik di Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) Sukamandi Jawa Barat. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar upaya bagi konservasi dan pemuliaan genetik untuk menghindari penurunan keragaman genetik akibat hibridisasi antar spesies.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abascal, F., Posada D. and Zardoya R., 2012. The evolution of the mitochondrial genetic code in arthropods revisited. *Mitochondrial DNA*, 23, 84 -9.
- Adriany, T.D., Bakry, A.A. dan Bungalim, I.M., 2020. Perbandingan metode isolasi DNA terhadap nilai kemurnian DNA untuk Pengujian *White Spot syndrom virus* (WSSV) pada lobster bambu (*Panulirus versicolor*). *Jurnal Universitas Hasanudin*, 7(6), 239-246.
- Andriani, Y., 2018. *Budidaya Ikan Nila*. Yogyakarta: Grup Penerbitan CV Budi Utama. [available at: <https://bit.ly/3laSzCn>] [Accessed 02 Juni 2022].
- Arifin, O.Z. dan Kurniasih T., 2007. Variasi tiga populasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berdasarkan polimorfisme mt-DNA. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(1), 67-75.
- Arifin, M.Y., 2016. Pertumbuhan dan *survival rate* ikan nila (*Oreochromis* sp.) strain merah dan strain hitam yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 16(1), 159-166.
- Arrijani, 2003. Kekerabatan fenetik anggota marga *Knema*, *Horsfieldia*, dan *Myristica* di Jawa berdasarkan bukti morfologi serbuk sari. *Biodiversitas*, 4(2), 83-88.
- Badan Standardisasi Nasional, 2009. SNI 6141:2009 Produksi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus* Bleeker) Kelas Benih Sebar. ICS 65.150. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bernt, M.B.A., Schierwater B. and Stadler P.F., 2013. Genetic aspects of mitochondrial genome evolution. *Mol Phylogenet Evol*, 69, 328–33.
- Byrne, M.A., 2018. Molecular Journey in Conservation genetics. *Pacific Conservation Biology*, 24, 235-253.
- Chen, C., Ding, Y., Jing, Z., Lu, C., Zhang, L., Chen, Z. and Zhu, C., 2021. DNA barcoding of yellow croakers (*Larimichthys* spp.) and morphologically similar fish species for authentication. *Food Control*, 127(4), 90-98.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D. dan Toha, A.H.A., 2021. *Ikan Nila*. Malang: Brainly Bee. [available at: [https://books.google.com/books/about/Ikan\\_Nila.html?hl=id&id=km8jEAAQBAJ#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com/books/about/Ikan_Nila.html?hl=id&id=km8jEAAQBAJ#v=onepage&q&f=true)] [Accessed 02 Juni 2022].
- Dharmayanti, I., 2011. Filogenetik molekuler metode taksonomi organisme berdasarkan sejarah evolusi. *Wartazoa*, 21(1), 1-10.

- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Emilia, Harnelly, E. dan Anhar, A., 2021. Optimalisasi metode ekstraksi DNA daun, kulit kayu dan kayu Pinus. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(4) 766-778.
- El-Sayed, H., Akel, K.H. and Moharram, S.G., 2007. Reproductive biology of *Tilapia zillii* (Gerv, 1840) from Abu Qir Bay, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 33(1), 379- 394.
- El-Zaeem, S.Y., 2011. Growth comparison of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and blue tilapia (*Oreochromis aureus*) as affected by classical and modern breeding methods. *African Journal of Biotechnology*, 10(56), 12071-12078.
- Fahmi, M. R., Prasetio, A.B., Kusumah, R.V., Hayuningtyas, E.P. dan Ardi, I., 2016. Barcoding DNA ikan hias lahan gambut. *Jurnal Riset Akuakultur*, 1(2), 137-145.
- Firmat, C., Alibert, P., Losseau, M., Baroiller, J. F. and Schlieven, U. K., 2013. Successive invasion-mediated interspecific hybridizations and population structure in the endangered cichlid (*Oreochromis mossambicus*). *Journal PLoS ONE*, 8(5), 1-12.
- Froese, R. and Pauly, D., 2007. *Oreochromis niloticus*. World wide web electronic publication *FishBase*. [Available at: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)] [Accessed 01 Juni 2022].
- Gaffar, S. dan Sumarlin, 2020. Analisis sekuen mtDNA COI pari totol biru yang didaratkan di tempat pendaratan ikan Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 13(2), 80-89.
- Ghofur, M. dan Harianto E., 2018. Kinerja produksi ikan botia (*Chromobotia macracanthus*) padat tebar tinggi dengan sistem resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 3(1), 17-25.
- Gunadi, B., Robisalmi, A., Setyawan, P. dan Lamanto., 2015. Nilai heritabilitas dan respons seleksi populasi F3 benih ikan nila biru (*Oreochromis aureus*) pada fase pendederan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(2), 169-175.
- Hadie, L.E., Dewi, R.R.S.P.S. dan Hadie, W., 2013. Efektifitas strain nila srikandi (*Oreochromis niloticus*) dalam pembenihan skala massal. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 13(1), 13-23.
- Harahap, A.S., 2017. Uji kualitas dan kuantitas DNA beberapa populasi pohon kapur Sumatera. *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*. 2 (2), 1-6.

- Hariyadi, S., Narulita, E. dan Rais, M. A., 2018. Perbandingan metode lisis jaringan hewan dalam proses isolasi DNA genom pada organ liver tikus putih (*Rattus norvegicus*). *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 689-692.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S. L. and de Waard, J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *The Royal Society*, 270, 313-321.
- Hillis, D.M., Moritz, C. And Marble, B.K. 1996. *Molecular systematics*. 2nd Ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. 515- 543.
- IRMNG, 2021. *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) [online]. Belgium: Lifewatch Available at: <https://bit.ly/3KbTwwV> [Accessed 01 Juni 2022].
- Jefri, E., Zamani, N.P., Subhan, B. dan Madduppa, H.H., 2015. Molecular phylogeny inferred from mitochondrial DNA of the grouper *Epinephelus* spp. in Indonesia collected from local fish market. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 16(2), 254-263.
- Kasi, P.D., Ariandi dan Tenriawaru, E.P., 2019. Identifikasi bakteri asam laktat dari limbah cair sagu dengan gen 16S rRNA. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*, 36(1), 35-40.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2016. Pelepasan Ikan Nila Anjani (*Oreochromis niloticus*). Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Khairul, 2018. Sintasan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang dipelihara pada tambak air payau dengan pemberian frekuensi pakan alami klekap berbeda. *Edu Science*, 5(1), 9-14.
- Khayra, A., Muchlisin, Z.A. dan Sarong, M.A. 2016. Morfometrik lima spesies ikan yang dominan tertangkap di Danau Aneuk Laot Kota Sabang. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Pesisir dan Perikanan*, 5(2), 57-66.
- Komalasari, K., 2009. *Pengaruh perbandingan volume darah dan lisis buffer serta kecepatan sentrifugasi terhadap kualitas produk DNA pada sapi Fresian Holstein (FH)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Kordi, M.G.H., 2010. *Budidaya Ikan Nila di Kolam Terpal*. Yogyakarta: Lily Publisher. [available at: <https://bit.ly/3JR2HAY>] [Accessed 02 Juni 2022].
- Kornfield, I.L., Ritte, U., Richler, C. and Wahrman, J., 1979. Biochemical and cytological differentiation among cichlid fishes of the Sea of Galilee. *The Society for the Study of Evolution*, 33(1), 1-14.
- Kottelat, M., Whitten. A.J., Kartikasari. S.N. and Wirjoatmodjo. S., 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Indonesia: Periplus Editions (HK) Ltd.

- Kour, R., Sanjay, B. and Kudeep K. S., 2014. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a successful biological invader in Jammu (J&K) and its impacts on native ecosystem. *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)*, 2014, 1(10), 1-5.
- Li, K.B., Chang, O. Q., Wang, F., Liu, C., Wang, Q., Liang, F. L., Ma, B. Y. and Wu, S. Q., 2012. Identification of a transparent mutant tiger barb (*Puntius tetrazona*) and its use for *in vivo* observation of a *Pleistophora* sp. (*Microsporidia*) infection. *Journal of Fish Biology*, 80, 2393-2404.
- Lind, C.E., Agyakwah, S. K., Attipoe, F. Y., Nugent, R. P. M. A., Crooijmans and Toguyeni, A., 2019. Genetic diversity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) throughout West Africa. *Scientific Reports nature research*, 9, 1-12.
- Liu, L., Xi, Z., Wu S., Davis, C.C. and Edwards, S.V., 2015. Estimating phylogenetic trees from genome-scale data. *Annals of the New York Academi of Sciences*, 360(2), 36-53.
- Ludyasari, A., 2014. *Pengaruh suhu annealing pada program PCR terhadap keberhasilan amplifikasi DNA udang jari (Metapenaeus elegans De Man, 1907) Laguna Segara Anakan, cilacap, Jawa Tengah*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Lukman, 2013. *Karakteristik Limnologis dan Mitigasi Ancaman Lingkungan dari Pengembangan Karamba Jaring Apung*. Jakarta: LIPI Press.
- Luna, S.M., 2012. *Oreochromis mossambicus*. World wide web electronic publication. [Available at: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)] [ Accessed 01 Juni 2022].
- Mitchell, A., Rothbart, A., Frankham, G., Johnson, R.N. and Neaves, L.E., 2019. Could do better a high school market survey of fish labelling in Sydney, Australia, using DNA barcodes. *PeerJ-Life and Environment* [online], 7, 1-20. e7138.
- Nascimento, B.M., Paula, T.S.D. dan Brito, P.M.M., 2023. DNA barcode of tilapia fish fillet from the Brazilian market and a standardized COI haplotyping for molecular identification of *Oreochromis* spp. (*Actinopterygii, Ciclidae*). *Forensic Science International: Animal and Enviroments*, 3(100059), 1-12.
- Nugroho, C., 2022. Pemkab tabur 10.000 benih ikan mujair di Danau Ranau. *Disway Harian OKUS. Com National Network*, 12 November 2022, 1.
- Nugroho, E., 2013. *Nila Unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya [Available at: <https://bit.ly/3jHvyO9>] [ Accessed 01 Juni 2022].
- Nurhayati, B. dan Darmawati, S., 2017. *Biologi Sel dan Molekuler*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021. Peraturan Pemerintah No. 22 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Permana, R., 2020. Saksikan panen raya di OKU Selatan Gubernur Herman Deru kaget, Jika saja semua daerah seperti ini. *Tribun news: SRIPOKU. Com*, 13 Oktober 2020, 1.
- Petrov, N.B., Vladychenskaya, I.P, Drozdov, A.L. and Kedrova, O.S., 2016. Molecular genetic markers of intra and interspecific divergence within starfish and sea urchins (*Echinodermata*). *Biochem (Moscow)*, 81(9), 972–980.
- Prafiadi, S. dan Maturahmah, E., 2020. Variasi morfometrik ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) pada ekosistem rawa (*lentik water*) di wilayah Prafi, Masini dan Sidey Kabupaten Manokwari. *Jurnal: Biosilampari: Jurnal Biologi*, 2(2), 58-66.
- Pranawaty, R.N., Buwono, I.D. dan Liviawaty, E., 2012. Aplikasi *polymerase chain reaction* (PCR) konvensional dan real time PCR deteksi *white spot syndrome virus* kepiting. *Jurnal perikanan dan kelautan*, 3(4), 61-74.
- Rahayu, A. D., dan Jannah, M., 2019. *DNA barcode hewan dan tumbuhan indonesia*. Jakarta: Yayasan inspirasi Ide Berkarya. Jakarta. [Available at: <https://thesiscommons.org/2483a/>] [ Accessed 05 Juni 2022].
- Rasmussen, M.D. and Kellis, M., 2011. Accurate gene-tree reconstruction by learning gene-and species-specific substitution rates across multiple 59 complete genomes. *Genome Research*, 17(12), 1932-1942.
- Safitri, R., 2017. Deskripsi morfologi ikan yang tertangkap di aliran Sungai Percut. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 3(1), 17-24.
- Saleky, D. dan Merly, S.L., 2021. Pendekatan DNA Barcoding untuk identifikasi *Cassidula angulifera* (Petit, 1841) (Moluska: Gastropoda). *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(1), 55-64.
- Saleky, D., Sianturi, R., Dailami, M. dan Kusuma, A.B., 2021. Kajian molekuler ikan *Oreochromis* spp. dari perairan daratan Merauke-Papua, berdasarkan DNA mitokondria fragmen gen sitokrom oksidase subunit I *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 37-43.
- Seller, H. B, dan Markland. 1987. *Decayig Lake: The Origin and Control of Cultural Eutrofication*. New York: Chichester.
- Sambrook, J. dan Russell, D. W., 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 2nd Ed. New York: Cold-Spring Harbor Laboratory.

- Samuel dan Subagja, 2011. Karakteristik habitat dan biologi ikan mujaer (*Oreochromis mossambicus*) di Danau Ranau, Sumatera Selatan. *BAWAL*, 3(5) 287-297.
- Sasmito, D.E.K., Kurniawan, R. dan Muhimmah, I., 2014. Karakteristik primer *Polymerase Chain Reaction* (PCR) untuk sekuensing DNA: mini review. *Seminar Nasional Informatika Medis (SNI-Med) V*, Magister Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Sembiring, S.B.M., Setiawati, K.M., Hutapea, J.H. dan Subamia, W., 2013. Pewarisan warna ikan klon biak, *Amphiprion percula*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 5(2), 345-351.
- Septiadi, L., 2019. *Analisis filogenetik dan estimasi waktu divergensi amolops Cope 1865 sensu lato paparan sunda secara insilico*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Setyawan, P., Robisalmi, A., dan Gunadi, B., 2015. Perbaikan pertumbuhan dan toleransi salinitas ikan nila srikandi (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*) melalui hibridisasi dan *back-cross* dengan *O. aureus* F-1 di karamba jaring apung laut. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(4), 471-479.
- Shen, Y., Chen, X. and Murphy, R.W., 2013. Assessing DNA barcoding as a tool for species identification and data quality control. *PLoS ONE*, 8(2), 1-5.
- Shen, Y., Guan, L., Wang, D. and Gan, X., 2016. DNA barcoding and evaluation of genetic diversity in *Cyprinidae* fish in the midstream of the Yangtze River. *Ecol Evol*, 6(9), 2702-2713.
- Sianturi, R., Dailami, M. dan Saleky, D., 2021. Identifikasi dan analisis filogenetik ikan ekonomis penting *Oreochromis* sp. dengan pendekatan DNA barcoding. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 465-476.
- Siregar, H.R.D., 2019. *Identifikasi jenis makanan ikan mujair (Oreochromis mossambicus) yang tertangkap di Danau Siombak Kecamatan Medan Marelan Provinsi Sumatera Utara*. Skripsi. Program Studi Sumber Daya Perairan Universitas Sumatera Utara.
- Subositi, D. dan Widodo, H., 2010. Hubungan kekerabatan filogenik interspesifik anggota genus *stevia* berdasarkan *gen maturase K* (matK). *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 3(1), 33-41.
- Sogbesan, O.A., Sanda, M.K., Ja'far, J.N. and Adel, H. A., 2017. DNA barcoding of tilapia species (pisces: *Ciclidae*) from Nigeria. *Journal of Biotechnology and Biomaterials*, 7(277), 1-4.
- Solihin, D.D., Persada, P. A. dan Affandy, R., 2020. Karakteristik genetik ikan belida *Chitala lopis* (Bleeker, 1851) asal Lampung dan Kalimantan

- berdasarkan gen COI. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 21(1), 49-60.
- Sumino, Mude. H., Alam S.S. dan Oktaviani D., 2017. Protected, prohibited, and invasive fish diversity and distribution in Ranau Lake of West Lampung District. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 6(1), 553-558.
- Sucipto, A. dan Prihartono (2005). Pembesaran nila merah bangkok. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Syahputra, B., Bakti, D., Pinem, M.I. dan Prasetyo, A.E., 2017. Karakteristik molekuler *Elaeidobius kamerunicus* Faust. (coleoptera: curculionidae) asal Sumatera Utara menggunakan sekuen DNA. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(3), 659-664.
- Syaifudin, M., Bekaert, M., Taggart, J.B., Bartie, K.L., Wehner, S., Palaiokostas, C., Khan, M.G.Q., Selly, S.C., Hulata, G., D’cotta, H., Baroiller, J., McAndrew, B.J. and Penman D.J., 2019. Species-specific marker discovery in tilapia. *Scientific Reports Nature Research*, 9(13001), 1-11.
- Tindi, M., Mamangkey, N.G.F. dan Wullur, S., 2018. DNA barcode dan analisis filogenetik molekuler beberapa jenis *bivalvia* asal perairan Sulawesi Utara berdasarkan gen COI. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1(2), 32-38.
- Torres, R.A. and Artoni, R.F., 2019. Genetics, Evolution, and Conservation of Neotropical Fishes. *Front Genet*, 10(1), 11-24.
- Trewavas, E., 1983. *Tilapiine Fishes of the Genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. Cromwell Road, London: British Museum Natural History.
- Tsoupas, A., Papavasileiou, S., Minoudi, S., Gkagkavouzis, K., Petriki, O. and Bobori, D., 2022. DNA barcoding identification of Greek freshwater fishes. *PLoS One*, 17(1), 1-21.
- Wang, Z.D., Guo, Y.S., Liu, X.M., Fan, Y.B. and Liu, C.W., 2012. DNA barcoding South China Sea fishes. *Mitochondrial DNA*, 23(5), 405-410.
- Ward. R.D., Zemlak, T.S., Innes B.H, Last, P.R. and Hebert P.D.N., 2005. DNA barcoding Australia’s fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360, 1847-1857.
- Wardani, M.T., Kusdiyantini, E. dan Budiharjo, A., 2017. Identifikasi isolat *Monascus* sp. Hasil isolasi angkak berdasarkan gen *Internal Transcribed Spacer* (ITS) pengukuran kandungan pigmen. *Jurnal Biologi*, 6(2), 34- 40.
- Wiens, J.A., 2009. Landscape ecology as a foundation for sustainable conservation. *Landscape Ecology*, 24, 1053–1065.
- Wilson, K. and Walker, J., 2010. *Principles and Techniques of Biochemistry and*



*Molecular Biology*. United Kingdom: Cambridge University Press.

- Wilujeng, L., Mahasri, G. dan Mufasirin., 2014. Keragaman gen *cytochrome B* pada sidat (*Anguilla bicolor*) berdasarkan *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 117-123.
- Wong, L.L., Peatman, E., Lu, J., Kucuktas, H., He, S., Zhou, C., Na-nakorn, U. and Liu, Z. 2011. DNA barcoding of catfish: species authentication and phylogenetic assessment. *PLOS ONE*, 6(3), 1-7.
- WoRMS, 1997. *WoRMS taxon details Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)* [online]. Belgium: Flanders Marine Institute. Available at: <https://bit.ly/40GmSYO> [Accessed 23 Juni 2022]
- Wulandari, T.N.M., Herlan, Wibowo, A. dan Sevi, S., 2019. Identifikasi jenis dan hubungan kelimpahan larva ikan dengan kualitas air di Danau Ranau, Sumatera Selatan. *BAWAL*, 11(1), 33-44
- Yan, X., Chen, Y., Dong, X., Tan, B., Liu, H., Zhang, S., Chi, S., Yang, Q., Liu, H. and Yang, Y., 2021. Ammonia toxicity induces oxidative stress, inflammatory response and apoptosis in hybrid grouper (♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *E. lanceolatum*), *Frontiers in Marine Science*, 8(667432), 1-15.
- Yuwono, T., 2008. *Biologi Molekuler*. Jakarta: Erlangga. Hal. 49-74.
- Zein, M.S.A. dan Prawiradilaga, D.M., 2013. *DNA Barcode Fauna Indonesia*. Jakarta : Kencana Prenadamedia Group. [Available at: <https://bit.ly/3HM65ej> [ Accessed 05 Juni 2022].