

SKRIPSI

**DNA BARCODE IKAN TILAN (*Mastacembelus* sp.)
ASAL SUNGAI MUSI DAN SUNGAI ENIM
BERDASARKAN GEN SITOKROM C OKSIDASE
SUBUNIT I (COI)**

***DNA BARCODE OF SPINY EEL (*Mastacembelus* sp.)
FROM MUSI AND ENIM RIVERS BASED ON
CYTOCHROME C OXIDASE SUBUNIT I (COI) GENE***



**Rezky Amanda Ningsih
05051281924020**

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

SUMMARY

REZKY AMANDA NINGSIH. DNA Barcode of Spiny Eel (*Mastacembelus* sp.) from Musi and Enim Rivers Based on Cytochrome C Oxidase Subunit I (COI) Gene. (Supervised by **MOCHAMAD SYAIFUDIN** and **RETNO CAHYA MUKTI**).

Spiny eel (*Mastacembelus* sp.) is a freshwater fish that is distributed on the islands of Java, Sumatera and Kalimantan. *Mastacembelus erythrotaenia* has been found in the Musi River and *Mastacembelus unicolor* has been found in the Enim River, the two species have different colors and patterns on their bodies. Therefore, it is necessary to study the genetic characteristics of these two species. This research aims to obtain the quantity and quality of spiny eel DNA, determine the COI gene sequence of spiny eel mitochondrial DNA and the percentage of similarities between spiny eel and other fish in GenBank data, as well as determine the water quality in the spiny eel habitat. This research was carried out in February to August 2023. The methods used in barcode were DNA extraction, DNA amplification, electrophoresis and sequencing of the COI gene region. The PCR product was obtained from the amplification with an annealing temperature of 49.2°C for 45 seconds in 31 cycles. The results showed that the DNA quantity value of spiny eel from the Musi and Enim Rivers ranged from 55.1-131.9 ng μL^{-1} , the absorption ratio of A260/A280 from 1.64-1.98 and A260/230 from 1.60-2.73. The sequence of PCR products produced nucleotide lengths from 207-388 bp. The percentage of similarities between spiny eel and other fish in GenBank data cannot be determined. Transparency values ranged from 21.25-42 cm, dissolved oxygen (DO) from 3.52-7.66 mg L^{-1} , current velocity from 0.14-0.47 m s^{-1} , alkalinity from 20-40 mg L^{-1} , pH from 6.57-7.6, temperature from 25.2-28.9°C, total dissolved solid (TDS) from 11-15 mg L^{-1} , ammonia from 0.20-0.59 mg L^{-1} .

Key words: COI gene, DNA barcode, Enim River, Musi River, spiny eel

RINGKASAN

REZKY AMANDA NINGSIH. DNA *Barcode* Ikan Tilan (*Mastacembelus* sp.) Asal Sungai Musi dan Sungai Enim Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI). (Dibimbing oleh **MOCHAMAD SYAIFUDIN dan RETNO CAHYA MUKTI**).

Ikan tilan (*Mastacembelus* sp.) merupakan salah satu ikan air tawar yang tersebar di pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan. *Mastacembelus erythrotaenia* pernah ditemukan di Sungai Musi dan *Mastacembelus unicolor* pernah ditemukan di Sungai Enim, kedua spesies tersebut memiliki perbedaan warna dan corak pada tubuhnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai karakter genetik kedua spesies tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kuantitas dan kualitas DNA ikan tilan, mengetahui sekuen gen COI DNA mitokondria ikan tilan dan persentase kemiripan ikan tilan dengan ikan lainnya yang ada pada data *GenBank*, serta mengetahui kualitas air habitat ikan tilan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Agustus 2023. Metode yang digunakan dalam *barcode* yaitu isolasi DNA, amplifikasi DNA, elektroforesis dan sekuensing daerah gen COI. Produk PCR yang disekuensing didapatkan dari hasil amplifikasi dengan suhu *annealing* 49,2°C selama 45 detik dalam 31 siklus. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuantitas DNA ikan tilan asal Sungai Musi dan Sungai Enim berkisar antara 55,1-131,9 ng μL^{-1} , rasio serapan A260/A280 berkisar antara 1,64-1,98 dan A260/A230 berkisar antara 1,60-2,73. Produk PCR yang disekuensing menghasilkan panjang nukleotida berkisar antara 207-388 bp. Persentase kemiripan antar ikan tilan maupun ikan lainnya yang ada pada data *GenBank* tidak dapat diketahui. Nilai kecerahan berkisar antara 21,25-42 cm, oksigen terlarut berkisar antara 3,52-7,66 mg L^{-1} , kecepatan arus berkisar antara 0,14-0,47 m d^{-1} , alkalinitas berkisar antara 20-40 mg L^{-1} , pH berkisar antara 6,57-7,6, suhu berkisar antara 25,2-28,9°C, TDS berkisar antara 11-15 mg L^{-1} , amonia berkisar antara 0,20-0,59 mg L^{-1} .

Kata kunci: *barcode* DNA, gen COI, ikan tilan, Sungai Enim, Sungai Musi

SKRIPSI

DNA BARCODE IKAN TILAN (*Mastacembelus sp.*) ASAL SUNGAI MUSI DAN SUNGAI ENIM BERDASARKAN GEN SITOKROM C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Perikanan Pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya



Rezky Amanda Ningsih
05051281924020

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

LEMBAR PENGESAHAN

**DNA BARCODE IKAN TILAN (*Mastacembelus sp.*) ASAL
SUNGAI MUSI DAN SUNGAI ENIM BERDASARKAN
GEN SITOKROM C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)**

SKRIPSI

Sebagai Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:


Rezky Amanda Ningsih
05051281924020

Pembimbing I

Indralaya, Desember 2023
Pembimbing II




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



Retno Cahya Mukti, S.Pi., M.Si.
NIP 198910272020122008



Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian


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

Skripsi dengan judul "DNA Barcode Ikan Tilan (*Mastacembelus* sp.) Asal Sungai Musi dan Sungai Enim Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)" oleh Rezky Amanda Ningsih telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Desember 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

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

Ketua

()

2. Retno Cahya Mukti, S.Pi., M.Si.
NIP 198910272020122008

Sekretaris

()

3. Danang Yonarta, S.ST.Pi., M.P.
NIDN 0014109003

Anggota

()



Indralaya, Desember 2023
Ketua Jurusan Perikanan

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rezky Amanda Ningsih

NIM : 05051281924020

Judul : DNA *Barcode* Ikan Tilan (*Mastacembelus* sp.) Asal Sungai Musi dan Sungai Enim Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarasi 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, Desember 2023



[Rezky Amanda Ningsih]

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara yang lahir pada tanggal 13 Maret 2002 di Tanjung Raja, Kecamatan Muara Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Orang tua penulis bernama Tarsila dan Hayati yang saat ini berdomisili di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar pada tahun 2013 di SDN 24 Muara Enim dan melanjutkan pendidikan di SMPN 03 Muara Enim. Kemudian, penulis menempuh pendidikan di SMAS Bukit Asam pada tahun 2016. Sejak Agustus 2019, penulis tercatat sebagai mahasiswa sarjana (S1) di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur SBMPTN.

Penulis ikut berperan aktif dalam beberapa keorganisasian di lingkungan kampus diantaranya yakni *staff* muda BEM KM FP Universitas Sriwijaya periode 2020-2021, anggota aktif Himpunan Mahasiswa Akuakultur (HIMAKUA) Universitas Sriwijaya periode 2020-2021 dan *staff* ahli BEM KM FP Universitas Sriwijaya periode 2021-2022.

Penulis telah melaksanakan kegiatan magang di Balai Riset Pemuliaan Ikan Sukamandi dengan judul “Pembesaran Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) di Balai Riset Pemuliaan Ikan Sukamandi Subang Jawa Barat” selama 1 bulan pada tahun 2021. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan praktek lapangan di UUMP Rumah Cupang dengan judul “Pemanfaatan Air Kelapa (*Cocos nucifera*) untuk Maskulinisasi Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) di UUMP Rumah Cupang Indralaya Utara Ogan Ilir” selama 2 bulan pada tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “DNA *Barcode* Ikan Tilan (*Mastacembelus* sp.) Asal Sungai Musi dan Sungai Enim Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)”. Pada proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Koordinator Program Studi Budidaya Perairan.
2. Mochamad Syaifudin S.Pi., M.Si., Ph.D sebagai pembimbing I dan Retno Cahya Mukti, S.Pi., M.Si sebagai pembimbing II dan penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Kedua orang tua, kedua kakak penulis Retno Indah Apriyanti, S.P dan Rahayu Sri Utari, S.Si, serta kak Bima Satrio yang telah memberikan dukungan dan do'a untuk penulis.
4. Ichsanul Mukmin dan tim “DNA *Barcode* 2022” yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penelitian.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Indralaya, Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Kegunaan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Ikan Tilan (<i>Mastacembelus sp.</i>).....	4
2.2. DNA <i>Barcode</i>	5
2.3. Isolasi DNA dan PCR	6
2.4. Jarak Genetik dan Filogenetika	7
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	9
3.1. Tempat dan Waktu	9
3.2. Bahan dan Metode.....	9
3.3. Analisis Data	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1. Karakterisasi Morfologi, Morfometrik dan Meristik	16
4.2. Kuantitas dan Kualitas DNA.....	19
4.3. Amplifikasi dan Visualisasi DNA.....	20
4.4. Persentase Kemiripan Ikan Tilan	22
4.5. Kualitas Air	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1. Kesimpulan	26
5.2. Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Ikan tilan (<i>Mastacembelus sp.</i>).....	4
Gambar 3.1. Peta lokasi pengambilan sampel	11
Gambar 3.2. Pengukuran morfometrik ikan tilan.....	12
Gambar 4.1. Ikan tilan (<i>Mastacembelus sp.</i>).....	16
Gambar 4.2. Visualisasi produk PCR gen COI.....	21

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	9
Tabel 3.2. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	10
Tabel 4.1. Morfometrik dan meristik ikan tilan asal Sungai Musi dan Sungai Enim	18
Tabel 4.2. Kuantitas dan kualitas DNA ikan tilan	19
Tabel 4.3. Hasil pengukuran kualitas air Sungai Musi dan Sungai Enim.....	23

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Prosedur ekstraksi DNA dengan metode Geneaid	36
Lampiran 2. Pengukuran morfometrik dan meristik ikan tilan	38
Lampiran 3. Pensejajaran gambar visualisasi PCR gen COI.....	40
Lampiran 4. Primer yang digunakan dalam penelitian	42
Lampiran 5. Sekuen nukleotida gen COI sampel ikan tilan asal Sungai Musi dan Sungai Enim	43
Lampiran 6. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah terutama ikan (Arpiagam *et al.*, 2017). Mastacembelidae merupakan salah satu famili yang hidup di perairan tawar yang menyebar di Afrika, Timur Tengah, Asia Tenggara dan Cina bagian Utara (Cakmak dan Alp, 2010). Menurut Froese dan Pauly (2008), salah satu genus dari famili Mastacembelidae yakni *Mastacembelus* yang telah teridentifikasi sebanyak 9 spesies di perairan Asia dan 52 spesies di perairan Afrika. Kottelat *et al.* (1993) menyatakan bahwa terdapat beberapa spesies dari genus *Mastacembelus* di Indonesia diantaranya yakni *Mastacembelus erythrotaenia*, *Mastacembelus notophthalmus* dan *Mastacembelus unicolor* yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan.

Ikan tilan (*Mastacembelus* sp.) merupakan ikan yang dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi dan ikan hias (Sentosa dan Adisukma, 2011), salah satunya yakni *M. unicolor* (Ahmad, 2020). Ikan ini pernah ditemukan di Sungai Bengawan Solo (Rahma, 2021), Sungai Cimanuk (Sentosa dan Adisukma, 2011), Sungai Nahula (Siregar *et al.*, 2019) dan Sungai Seruai (Yunus *et al.*, 2016). Sudarto (2010) menggunakan *M. erythrotaenia* yang berasal dari Sungai Musi pada penelitiannya dan penelitian Hamidah (2004) di Sungai Enim ditemukan *M. unicolor*. Secara morfologi, kedua spesies tersebut memiliki perbedaan morfologi yang dapat dilihat dari warna dan corak pada tubuhnya. Selain itu, Kottelat *et al.* (1993) menyatakan bahwa *M. erythrotaenia* memiliki sirip ekor yang bersambung dengan sirip punggung dan sirip dubur. Sedangkan *M. unicolor* memiliki sirip ekor yang agak terpisah dari sirip punggung dan sirip dubur. Rahayu *et al.* (2006) menyatakan bahwa karakter morfologi dapat digunakan untuk mengkarakterisasi genetik yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi spesies ikan tilan secara molekuler untuk mengetahui karakter genetiknya. Penanda genetik untuk identifikasi spesies secara molekuler dapat dilakukan menggunakan teknik DNA *barcode* (Afryani *et al.*, 2012).

DNA *barcode* merupakan teknik yang dapat dengan cepat dan akurat untuk mengidentifikasi suatu spesies (Lahaye *et al.*, 2008). Teknik DNA *barcode* digunakan untuk mendapatkan informasi genetik dengan keragaman yang tinggi (Arifin dan Kurniasih, 2007), dimana informasi genetik tersebut memiliki peran penting dalam bidang akuakultur untuk seleksi pada pemuliaan ikan sebagai upaya untuk menghasilkan benih yang unggul (Suryaningtyas, 2017). Teknologi DNA *barcode* juga dapat digunakan dalam bidang taksonomi dan konservasi spesies (Rahayu dan Jannah, 2019). Segmen mitokondria DNA yang sering digunakan untuk *barcode* adalah *Cytochrome C Oxidase Subunit I* (COI). Keunggulan dari gen COI yaitu memiliki sedikit penghapusan dan penyisipan pada sekuennya (Hebert *et al.*, 2003) dan memiliki *database* yaitu *The Barcode of Life Data System* untuk menyimpan dan memberikan data hasil penerapan *barcode* menggunakan gen COI (Ratnasingham dan Hebert, 2007).

Beberapa penelitian tentang penerapan DNA *barcode* menggunakan gen COI pada ikan air tawar diantaranya yakni ikan patin (John *et al.*, 2015), sepat siam dan sepat biru (Syaifudin *et al.*, 2019), tilapia (Syaifudin *et al.*, 2019), gabus dan serandang (Syaifudin *et al.*, 2020), sidat (Huyen dan Linh, 2020), lais timah (Syaifudin *et al.*, 2021), nila (Sianturi *et al.*, 2021) dan sepatung (Syaifudin *et al.*, 2023). Penerapan DNA *barcode* pada ikan tilan telah dilakukan pada penelitian Day *et al.* (2017) di Cekungan Kongo. Hasil penelitian ini ditemukan beberapa spesies diantaranya yaitu *M. congicus*, *M. frenatus* dan *M. niger*. Selain itu, terdapat pula penelitian Duong *et al.* (2020) mengenai identifikasi beberapa spesies di Delta Mekong dan ditemukan spesies *M. favus* dan *M. armatus*. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian mengenai DNA *barcode* menggunakan gen COI ikan tilan khususnya spesies asal Sungai Musi dan Sungai Enim.

1.2. Rumusan Masalah

Spesies ikan tilan yang terdapat di Indonesia diantaranya yakni *M. erythrotaenia*, *M. notophthalmus* dan *M. unicolor* yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan (Kottelat *et al.*, 1993). *M. erythrotaenia* yang ditemukan di Sungai Musi dan *M. unicolor* yang ditemukan di Sungai Enim memiliki perbedaan morfologi yang dapat dilihat dari warna dan corak pada tubuhnya. Karakter morfologi dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Oleh

karena itu, diperlukan identifikasi spesies ikan tilan asal Sungai Musi dan Sungai Enim secara molekuler melalui DNA *barcode* berdasarkan gen COI untuk mengetahui informasi genetiknya.

1.3. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kuantitas dan kualitas DNA ikan tilan, mengetahui sekuen gen COI DNA mitokondria ikan tilan dan persentase kemiripan ikan tilan dengan ikan lainnya yang ada pada data *GenBank*, serta mengetahui kualitas air habitat ikan tilan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai informasi genetik ikan tilan asal Sungai Musi dan Sungai Enim.

DAFTAR PUSTAKA

- Afryani, F., Amin, M. dan Rahayu, S.E., 2012. *Analisis Filogenetik Kura-Kura (Cuora amboinensis) di daerah Sulawesi Berdasarkan DNA Mitokondria*. Skripsi. Universitas Negeri Malang.
- Ahari, H., Razavilar, V., Motalebi A.A., Akbariadergani, B., Kakoolaki, S., Shahbazadeh, D., Anvar A.A. and Mooraki, N., 2012. DNA extraction using liquid nitrogen in *Staphylococcus aureus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(4), 926-929.
- Ahmad, A.B., 2020. *Mastacembelus unicolor*. *Daftar Merah Spesies Terancam Punah IUCN*. <https://www.iucnredlist.org/species/180790/1663252>. [Diakses pada tanggal 27 Januari 2023].
- Alaey, M., Naderi, R., Verzaei, A., Khalighi, A. and Salami A., 2005. Comparing study between four different methods of genomic DNA extraction from *Cyclamen persicum* Mill. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(6), 882-884.
- Alvarado, P.E., Barrios, R.M.M., Xochihua, J.A.M. and Hernandez, J.F.C., 2017. Fast and reliable DNA extraction protocol for identification of species in raw and processed meat products sold on the commercial market. *Journal Open Agriculture*, (2), 469-472.
- Apriani, S.A., Junaidi, M. dan Marzuki, M., 2023. Analisa keragaman warna pada ikan mas koki (*Carassius auratus*) persilangan strain ranchu, black moor dan oranda. *Jurnal Ruaya*, 11(1), 1-9.
- Arifin, O.Z. dan Kurniasih, T., 2007. Variasi genetik tiga populasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berdasarkan polimorfisme mtDNA. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(1), 67-75.
- Arifin, O.Z., Nugroho, E. dan Gustiano, R., 2007. Keragaman genetik populasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dalam program seleksi berdasarkan RAPD. *Berita biologi*, 8(6), 465-471.
- Arpiagam, Hertati, R. dan Budiyono, 2017. Identifikasi dan keanekaragaman jenis ikan di Sungai Terap Kabupaten Merangin Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 1(2), 1-9.
- Brinkman, F. and Leipe, D., 2001. Phylogenetic Analysis. *John Willey and Sons*, 323-358.
- Burnawi, 2007. Teknik penangkapan ikan tilan (*Mastacembelus* sp.) memakai alat tangkap tajar rendam (*fishing line*) di Sungai Musi Bagian Hilir, Sumatera Selatan. *Journal Biology Teaching and Learning*, 6(1), 11-14.

- Cakmak, E. and Alp, A., 2010. Morphological differences among the mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks and Solander 1794) population. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 87-92.
- Cavalli-sforza, L.L., 1997. Genes, peoples and languages. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 94(15), 7719-7724.
- Chen, H., Rangasamy, M., Tan, S.Y., Wong, H. and Siegfried, B.D., 2010. Evaluation of five methods for total DNA extraction from Western corn rootworm beetles. *Plos One*, 5(8), 1-6.
- Day, J.J., Fages, A., Brown, K.J., Vreven, E.J., Stiassny, M.L.J., Bills, R., Friel, J.P. and Ruber, L., 2017. Multiple independent colonizations into the Congo Basin during the continental radiation of African *Mastacembelus* spiny eels. *Journal Biogeografi*, 44, 2308-2318.
- Dewanata, P.A. dan Mushlih, M., 2021. Perbedaan uji kemurnian DNA menggunakan spektrofotometer uv-vis dan spektrofotometer nanodrop pada pasien diabetes melitus tipe 2. *Indoensian Journal of Innovation Studies*, 15, 6-10.
- Dharmayanti, I., 2011. Filogenetika molekuler: Metode taksonomi organisme berdasarkan sejarah evolusi. *Wartazoa*, 21(1), 1-10.
- Duong, T., Tran, L.V.D., Nguyen, N.T., Jamaluddin, J.A.F. and Azizah, M.N.T., 2020. Unravelling taxonomic ambiguity of the Mastacembelidae in the Mekong Delta (Vietnam) through DNA barcoding and morphological approaches. *Tropical Zoology*, 2(33), 63-76.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Kelautan, IPB.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Estabrook, G., 1984. Phylogenetic trees and character-state trees. *Columbia University Press*, 135-151.
- Farhanah, A., Ashar, J.R. dan Hamzah, P., 2021. Optimalisasi teknik isolasi dan purifikasi DNA menggunakan buffer CTAB (cetyltrimethyl ammonium bromide) pada tanaman markisa (*Passiflora* sp.) dataran rendah Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Agrisistem*, 17(1), 31-39.
- Fishbase. 2013. *Mastacembelus mastacembelus*. <https://www.fishbase.se/summary/54832>. [Diakses pada tanggal 2 September 2023].
- Fishbase. 2019. *Mastacembelus erythrotaenia*, *Fire Eel*. <https://www.fishbase.se/summary/12026>. [Diakses pada tanggal 2 September 2023].

- Fishbase. 2019. *Mastacembelus unicolor*, Spiny Eel. <https://www.fishbase.se/summary/25160>. [Diakses pada tanggal 2 September 2023].
- Froese, R. and Pauly, D., 2008. *FishBase*. World Wide Web Electronic Publication. <https://www.fishbase.se/search.php>. [Diakses pada tanggal 25 Oktober 2022].
- Gholamhosseini, A., Razbanian, M., Esmaili, H.R. and Eagderi, S., 2022. Molecular systematics and morphological variation in the Mesopotamian spiny eel *Mastacembelus mastacembelus* (Teleostei: Mastacembelidae). *The European Zoological Journal*, 89(1), 546-555.
- Gill, C., Janneke, H.H.M., Wiggert, V., Blow, F. and Darby, A.C., 2016. Evaluation of lysis methods for the extraction of bacterial DNA for analysis of the vaginal microbiota. *Journal Plos One*, 1-16.
- Hamidah, A., 2004. Keanekaragaman jenis ikan di Sungai Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 4(2), 51-55.
- Hamuna, B., Tanjung, R.H.R., Suwito, Maury, H.K. dan Alianto, 2018. Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35-43.
- Handoyo, D. dan Rudiretna, A., 2001. Prinsip umum dan pelaksanaan *Polymerase Chain Reaction (PCR)*. *Unitas*, 9, 17-29.
- 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.
- Harmilia, E.D. dan Khotimah, K., 2018. Kondisi perairan sungai di Ogan Ilir berdasarkan parameter fisika kimia. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 6(2), 107-116.
- Hastuti, S. dan Subandiyono, 2011. Performa hematologis ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) dan kualitas air media pada sistem budidaya dengan penerapan kolam biofilter. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(2), 1-5.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, N.A., Ball, S.L. and Waard, J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceeding of the Royal Society of Series B-Biological Sciences*, 270(1), 313-321.
- Hersyah, M.H., Dinata, D.H. dan Firdaus, 2017. Identifikasi rancang bangun alat ukur dan sistem kendali kadar total dissolved solid (TDS) pada air berbasis

- mikrokontroler. *Journal of Information Technology and Computer Engineering*, 1(1), 1-9.
- Hidayat, T. dan Pancoro, A., 2008. Kajian filogenetika molekuler dan peranannya dalam menyediakan informasi dasar untuk meningkatkan kualitas sumber genetik angrek. *Jurnal Agrobiogen*, 4(1), 35-40.
- Huyen, K.T. and Linh, N.Q., 2020. Phylogenetic analysis of *Anguilla marmorata* population in Thua Thien Hue, Vietnam based on the cytochrome c oxidase I (COI) gene fragments. *AMB Express*, 10(122), 1-8.
- Ji, D., Su, X., Yao, J., Zhang, W., Wang, R. and Zhang, S., 2022. Genetic diversity and genetic differentiation of populations of golden-backed carp (*Cyprinus carpio* var. *Jinbei*) in traditional rice fields in Guizhou, China. *Journal Animals*, 12(1377), 1-11.
- John, A., Chowdhury, A.J.K., Asri, U.N.M., Nordin, N.F.H. and Ambak, M.A., 2015. DNA barcoding of caged pangasiids in Pahang River Malaysia. *Jurnal Teknologi*, 77(25), 31-36.
- Joshi, M. and Deshpande, J.D., 2010. Polymerase Chain Reaction: Methods, Principles and Application. *International Journal of Biomedical Research*, 1(5), 81-97.
- Kalayci, G. and Durmaz, R., Population structure and molecular phylogeny of Mestopotamian spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*) (Teleostei: Synbranchiformes) in Turkey. *Journal of Science and Engineering*, 3(1), 34-39.
- Kampke, T., Kieninger, M. and Mecklenburg, M., 2001. Efficient primer design algorithms. *Bioinformatics*, 17(3), 214-225.
- Knowlton, N. and Weight, L.A., 1998. New dates and new rates for divergence across the isthmus of Panama. *Proceeding of the Royal Society of Series B-Biological Sciences*, 265, 2257-2263.
- Koniyo, Y., 2020. Analisis kualitas air pada lokasi budidaya ikan air tawar di Kecamatan Suwawa Tengah. *Jurnal Technopreneur*, 8(1), 52-58.
- Kottelat, M., Whitten, A.J., Kartikasari, S.N. dan Wirjoatmodjo, S., 1993. *Ikan Air Tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi*. Jakarta: Periplus Editions-Proyek EMDI.
- Kusuma, W.E., Sufaichusan, I., Lestari, B.F.H.A. dan Widyawati, Y., 2023. Identifikasi molekuler dan posisi filogenetik ikan sili (*Mastacembelidae: Macrognathus*) dari Sungai Brantas, Jawa Timur, berdasarkan DNA mitokondria gen COI. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(2), 161-174.
- Lahaye, R., Bank, M.V.D., Bogarin, D., Warner, J., Pupulin, F., Gigot, G., Maurin, O., Duthoit, S., Barraclough, T.G. and Savolainen, V., 2008. DNA

- barcoding the floras of biodiversity hotspots. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 105(8), 2923-2928.
- Li, S., 1999. *Phylogenetic Tree Construction Using Markov Chain Monte Carlo*. Dissertation. Fred Hutchinson Cancer Research Center Washington.
- Lipscomb, D., 1998. *Basics of Cladistic Analysis*. Student guide paper. George Washington University.
- Mason, C.F. 1981. *Biology Freshwater Pollution*. New York: Longman Scientific and Technical.
- Mulyanti, P., 2020. *Identifikasi Jenis Ikan Endemik dan Invasif di Desa Sungai Rambut Kecamatan Berbak Kabupaten Tanjung Jabung Timur*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi.
- Nei, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. New York: Colombia University Press.
- Nugroho, E., Soewardi, K. dan Kurniawirawan, A., 2007. Analisis keragaman genetik beberapa populasi ikan batak (tor soro) dengan metode random amplified polymorphism (RAPD). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 14(2), 53-57.
- Nurmadinah, 2016. *Studi Ciri Morfometrik dan Meristik Ikan Penja Asal Polewali Mandar dan Ikan Nike (Awous melanocephalus) Asal Gorontalo*. Skripsi. UIN Alauddin Makassar.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Ramadhani, N.S., Purnaini, R. dan Utomo, K.P., 2013. Analisis sebaran oksigen terlarut saluran Sungai Jawi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1-10.
- Rahayu, D.A. dan Jannah, M., 2019. *DNA Barcode Hewan dan Tumbuhan Indonesia*. Jakarta: Yayasan Inspirasi Ide Berdaya.
- Rahayu, S., Sumitro, S.B., Susilawati, T. dan Soemarno, 2006. Analisis isoenzim untuk mempelajari variasi genetik sapi Bali di Provinsi Bali. *Berkala Penelitian Hayati*, 12(2), 1-5.
- Rahma, Y.A., 2021. Kajian morfologi ikan sili pada nasi boranan makanan khas daerah Lamongan Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Matematika dan Sains*, 1(1), 22-30.

- Rahmadhan, D., Sari, R. dan Apridamayanti, P., 2019. Pengaruh suhu *annealing* terhadap amplifikasi gen tem menggunakan primer dengan %GC rendah. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1), 1-7.
- Rahmania, Y.S., Widayat, Agustini, T.W., Suzery, M. dan Albaari, A.N., 2021. Pengukuran kandungan DNA babi dalam berbagai produk pangan dengan metode real time-polymerase chain reaction (RT-PCR). *Indonesian Journal of Halal*, 129-133.
- Ratnasari, D., 2019. Identifikasi jenis ikan air tawar di Pasar Masuka Sintang Kalimantan Barat. *Edumedia : Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 3(2), 82-87.
- Ratnasingham, S. and Hebert, P.D.N., 2007. BOLD: The Barcode of life Data System. *Molecular Ecology Notes*, 7, 355-364.
- Sambrook, J. and Russel, D.W., 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Saputro, A., Yudianto, A. dan Koesbardiati, T., 2015. Pengaruh lama paparan suhu kamar terhadap kualitas DNA pada pemeriksaan swab earphone dalam penentuan jenis kelamin. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 17(1), 33-45.
- Sari, D.A., Martiansyah, I., Mukmin, R.P., Hadi, S.N., Syahputra, I., Afandi, D. dan Putranto, R.A., 2019. Optimasi teknik isolasi RNA dan akar bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agrin*, 23(2), 103-113.
- Sasmito, D.E.K., Kurniawan, R. dan Muhimmah, I., 2014. Karakteristik primer pada polymerase chain reaction (PCR) untuk sekuensing DNA: mini review. *Seminar Nasional Informatika Medis*.
- Schmidt, H., 2003. *Phylogenetic Trees from Large Datasets*. Inaugural-Dissertation. Dusseldorf University.
- Sentosa, A.A. dan Adisukma, A., 2011. Konservasi sumber daya ikan berod (*Mastacembelus* sp.) di Sungai Cimanuk bagian tengah, Kabupaten Sumedang. *Prosiding Forum Nasional Pemacuan Sumber Daya Ikan III*, 1-14.
- Shearer, T.L. and Coffroth, M.A., 2008. Barcoding corals: limited by interspecific divergence, not intraspecific variation. *Molecular Ecology Resources*, 8(2), 247-255.
- 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.
- Siegers, W.H., Prayitno, Y. dan Sari, A., 2019. Pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan nila nirwana (*Oreochromis* sp.) pada tambak payau. *The Journal of Fisheries Development*, 3(2), 95-104.

- Siregar, R., Khairul, dan Hasibuan, R., 2019. Biodiversitas ikan mirik (*Mastacembelus* sp.) di Sungai Nahula Labuhan Batu Selatan. *Edu Science*, 6(1), 8-12.
- Solihin, D.D., 1994. Peran DNA mitokondria (mtDNA) dalam studi keragaman genetik dan biologi populasi pada hewan. *Hayati*, 1(1), 1-4.
- Sudarto, 2010. Domestikasi dan evaluasi tingkat kematangan gonad ikan tilan merah (*Mastacembelus erythrotaenia*). *Media Akuakultur*, 5(2), 118-122.
- Suriana, Jamili, dan Parakkasi, 2018. Karakteristik gen sitokrom c oksidase subunit I (COI) lebah liar *Apis cerena* (hymenoptera: apidae) asal Pulau Hoga Sulawesi Tenggara. *Jurnal Veteriner*, 19(1), 116-125.
- Suryaningtyas, I.T., 2017. Aplikasi bioteknologi molekuler dalam budidaya perairan. *Oseana*, 17(4), 13-24.
- Suryanto, D., 2003. *Melihat Keanekaragaman Organisme Melalui Beberapa Teknik Genetika Molekuler*. Universitas Sumatera Utara: USU Digital Library.
- Syaifudin, M., Agustini, I., Jubaedah, D., Muslim, M. dan Tanbiyaskur, 2021. Barkod DNA dan kekerabatan ikan lais timah (*Kryptopterus apogon*) berdasarkan gen sitokrom c oksidase subunit I (COI). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 9(2), 149-162.
- Syaifudin, M., Bekaert, M., Taggart, J.B., Bartie, K.L., Wehner, S., Palaiokostas, C., Khan, M.G.Q., Selly, S.L.C., Hulata, G., D'Cotta, H., Baroiller, J.F., McAndrew, B.J. and Penman, D.J., 2019. Species-specific marker discovery in tilapia. *Scientific Reports*, 9(13001), 1-11.
- Syaifudin, M., Gultom, E.T. and Wijayanti, M., 2023. DNA authentication of Indonesian Leaf-fish *Pristolepis grooti* from Kelekar River and Ogan River in South Sumatra based on cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 8(2), 1-11.
- Syaifudin, M., Jubaedah, D., Yonarta, D. dan Hastuti, Z., 2019. DNA barcoding of snakeskin gourami *Trichogaster pectoralis* and blue bourami *Trichogaster trichopterus* based on cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 348(1), 1-6.
- Syaifudin, M., Wijayanti, M., Dwinanti, S.H., Muslim, Mahendra, M. dan Marliana, S., 2020. Short Communication: DNA barcodes and phylogenetic of striped snakehead and ocellated snakehead fish from South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(3), 1227-1235.
- Tan, S.C. and Yiap, B.C., 2009. DNA, RNA and Protein extraction: the past and the present. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 1-10.

- Turrahmi, M., Nurhidayani, Hasyimuddin, dan Pabendon, M.B., 2021. Uji kualitas dan kuantitas tanaman jiwawut (*Setaria italic*) di Balai Penelitian Tanaman Serealia Kabupaten Maros. *Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(2), 57-62.
- Virgilio, M., Jordaens, K. and Breman, F., 2012. Identifying insects with incomplete DNA barcode libraries, African fruit flies (Diptera: Tephritidae) as a test case. *Plos One*, 7(2), 1-8.
- Yu, W., Wu, B., Wang, X., Yao, Z., Li, Y. and Liu, Y., 2020. Scale-dependent effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of *Actinidia chinensis* populations in China. *Horticulture Research*, 172, 1-10.
- Yunus, A., Mulya, M.B. dan Irwanmay, 2016. Kajian morfologis dan kelimpahan ikan sili (famili : Mastacembelidae) di Sungai Seruai Desa Namu Suro Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Aquacoastmarine*, 5(1), 1-13.
- Yusuf, Z.K., 2010. Polymerase chain reaction (PCR). *Saintek*, 5(6), 1-6.