

SKRIPSI

**DNA BARCODE IKAN BETUTU (*Oxyeleotris marmorata*
Bleeker.) BERDASARKAN GEN SITOKROM
C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)**

***DNA BARCODING OF MARBLE GOBY (*Oxyeleotris marmorata*.
Bleeker.) BASED ON THE CYTOCHROME
C OXIDASE (COI) GENE***



**Ria Octaviani
05051281621047**

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

SUMMARY

RIA OCTAVIANI. DNA Barcoding of Marble Goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker.) Based on Cythochrome C Oxidase Subunit I (COI) Gene (Supervised by **MOCHAMAD SYAIFUDIN and DADE JUBAEDAH**).

Marble goby (*Oxyeleotris marmorata*) is distributed in Indonesia, mainly found in Sumatra, Kalimantan and Papua. The purpose of this study was to obtain the sequence of mitochondrial DNA Cytochrome Oxidase Subunit I gene, construct the phylogenetic tree and genetic distance between populations and determine the physical and chemical characteristics of the waters. This research was carried out in March - August 2020. The methods used in barcoding species and determining genetic relationships were DNA isolation, amplification method using PCR (Polymerase Chain Reaction) and sequencing of the COI mtDNA gene from domestication of marble goby in Gandus Fish Seed Center (BBI), Palembang City and the wild species from Musi River in Beruge Village, Babat Toman District, Musi Banyuasin Regency. The sequence of COI mtDNA gene fragments were obtained from PCR results with an annealing temperature optimization of 50°C for 30 seconds in 35 cycles. After going through the editing process, the nucleotides length of COI gene of marble goby were 613 basepairs. Based on the BLASTn (Basic Local Alignment Search Tool nucleotide) analysis with comparisons of data in GenBank, domesticated marble goby (*O. marmorata*) (OMD2, OMD3) was in the same subcluster with *O. marmorata* from the Musi River (OMS2, OMS3). Domesticated marble goby (OMD2, OMD3) and the wild fish of marble goby from the Musi River (OMS2, OMS3) had a 99.35% similarity with *O. marmorata* from Cambodia (EF609424.1), and Indonesia (West Java) (KU692718.1 and KU692726.1) with a genetic distance of 0.002 (0.02%). The characteristics of *O. marmorata* in BBI Gandus and Musi River were temperature 29.1-30.9°C, water transparency 13-26 cm, dissolved oxygen 6.5-7.75 mg L⁻¹, pH 6, ammonia 0.01-1.53 mg L⁻¹, TDS 14-25 mg L⁻¹ and total alkalinity 16-21 mg L⁻¹ CaCO₃.

Keywords : Cytochrome C Oxidase Subunit I gene, *O. marmorata*, PCR.

RINGKASAN

RIA OCTAVIANI. DNA Barcode Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker.) berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI) (Dibimbing oleh **MOCHAMAD SYAIFUDIN dan DADE JUBAEDAH**).

Sebaran *Marble goby* (*Oxyeleotris marmorata*) di Indonesia, terutama ditemukan di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sekuen gen Sitokrom C Oksidase Subunit I DNA mitokondria dan kontruksi pohon filogenetik dan jarak genetik antar populasi serta mengetahui karakteristik fisika dan kimia perairannya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Agustus 2020. Metode yang digunakan dalam *barcoding* spesies dan kekerabatan genetik adalah isolasi DNA, amplifikasi menggunakan metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*) dan sekuensing daerah gen COI mtDNA dari sampel ikan betutu yang diperoleh dari hasil domestikasi di Balai Benih Ikan (BBI) Gandus, Kota Palembang dan sampel ikan betutu yang tertangkap dari Sungai Musi di Desa Beruge, Kecamatan Babat Toman, Kabupaten Musi Banyuasin. Fragmen gen COI mtDNA yang disekuensing didapatkan dari hasil PCR dengan optimasi suhu annealing 50°C selama 30 detik dalam 35 siklus. Setelah melalui proses editing, sekuensing gen COI ikan betutu menghasilkan panjang nukleotida 613 pasang basa. Berdasarkan analisis BLASTn (*Basic Local Alignment Search Tool nucleotide*) dengan perbandingan dari data di *GenBank*, ikan betutu (*O. marmorata*) hasil domestikasi (OMD2, OMD3) berada pada subcluster yang sama dengan *O. marmorata* asal Sungai Musi (OMS2, OMS3). Ikan betutu hasil domestikasi (OMD2, OMD3) dan ikan betutu asal Sungai Musi (OMS2, OMS3) memiliki persentase kemiripan sebesar 99,35% dengan *O. marmorata* asal Cambodia (EF609424.1) dan Indonesia (Jawa Barat) (KU692718.1 dan KU692726.1) dengan jarak genetik sebesar 0,002 (0,02%). Karakteristik perairan ikan betutu di BBI Gandus dan Sungai Musi memiliki nilai suhu 29,1-30,9°C, kecerahan 13-26 cm, oksigen terlarut 6,5-7,75 mg L⁻¹, pH 6, amonia 0,01-1,53 mg L⁻¹, TDS 14-25 mg L⁻¹ dan total alkalinitas 16-21 mg L⁻¹ CaCO₃.

Kata Kunci : *O. marmorata*, PCR, Sitokrom C Oksidase Subunit I gen.

SKRIPSI

**DNA BARCODE IKAN BETUTU (*Oxyeleotris marmorata*
Bleeker.) BERDASARKAN GEN SITOKROM
C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)**

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



Ria Octaviani
05051281621047

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**DNA BARCODE IKAN BETUTU (*Oxyeleotris marmorata*
Bleeker.) BERDASARKAN GEN SITOKROM
C OKSIDASE SUBUNIT I (COI)**

SKRIPSI

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

Oleh:

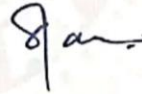
Ria Octaviani
05051281621047

Indralaya, November 2020
Pembimbing II

Pembimbing I



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. Andy Mulyana, M.Sc.
NIP 196012021986031003

Skripsi dengan judul “DNA Barcode Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker.) Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)” oleh Ria Octaviani telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 02 November 2020 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

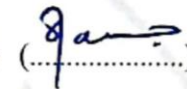
1. M. Syaifudin, S.Pi., M.Si., Ph.D.
NIP 197603032001121001

Ketua



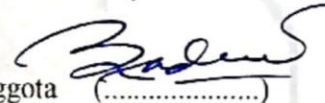
2. Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si.
NIP 197707212001122001

Sekretaris



3. Sefti Heza Dwinanti, S.Pi., M.Si.
NIP 198409012012122003

Anggota



4. Tanbiyaskur, S.Pi., M.Si.
NIP 198604252015041002

Anggota



Indralaya, November 2020

Koordinator Program Studi
Budidaya Perairan



Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP 197404212001121002

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ria Octaviani

NIM : 05051281621047

Judul : DNA Barcode Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker.)

Berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila di kemudian 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, November 2020



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 31 Maret 1997 di Sumedang, Jawa Barat dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Orang tua bernama Hartani dan Anita. Pendidikan penulis dimulai dari SD Negeri 1 Rancaekek yang diselesaikan pada tahun 2009 di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Kemudian menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2012 di MTs Negeri 1 Banding Agung, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan dan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2015 di MA Negeri 2 OKUS, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatra Selatan. Sejak Agustus 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Melalui jalur SBMPTN Bidikmisi.

Pada tahun 2016, penulis menjadi bagian dari Himpunan Mahasiswa Akuakultur (HIMAKUA) Unsri dan dipercaya sebagai kepala dinas Kerohanian Kabinet Bergerilya pada tahun 2018. Pada tahun yang sama, penulis juga tergabung dalam Lembaga Dakwah Fakultas (LDF) Badan Wakaf dan Pengkajian Islam (BWPI) dan Lembaga Dakwah Kampus (LDK) Nadwah.

Pada tahun 2018 penulis mengikuti kegiatan magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi, Provinsi Jawa Barat dan telah menyelesaikan Praktek Lapangan dengan judul “Pemeliharaan Ikan Patin dalam Kolam yang diberi Dedak Terfermentasi Sebagai Pakan Tambahan” di UPR *Fish Undercrew*. Desa Pulau Semambu, Kabupaten Ogan Ilir pada tahun 2019. Beberapa perlombaan regional maupun nasional pernah penulis ikuti seperti, *Sriwijaya University Games* (SUG) cabang Tenis Meja, Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) cabang Penulisan Puisi dan Bussines Plan Propelan Open IPB Bogor. Penulis juga pernah menjadi asisten dosen untuk praktikum mata kuliah Dasar-dasar Akuakultur, Avertebrata Air, Biologi, Biodiversitas dan Konservasi Akuatik, Manajemen Kesehatan Ikan, Nutrisi Ikan dan Statistika.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan pembuatan skripsi dengan judul “DNA Barcode Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker.) berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)”. Shalawat beriring salam tidak lupa disanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan segenap keluarga yang tentunya selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis.
2. Bapak Mochamad Syaifudin, S.Pi., M.Si., Ph.D selaku pembimbing 1 sekaligus pembimbing akademik penulis dan Ibu Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si selaku pembimbing II yang telah memberi bimbingan dan arahan, serta meluangkan waktunya dalam menyelesaikan skripsi penelitian ini.
3. Bapak Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D Selaku Ketua Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Dade Jubaedah, S.Pi., M.Si Selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
5. Mbak Shandy selaku analis Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Sriwijaya.
6. Tim penelitian “DNA Barcoding” serta seluruh teman-teman angkatan 2016 Budidaya Perairan yang turut berkontribusi membantu penelitian.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya.

Indralaya, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
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. Tujuan	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Klasifikasi dan Morfologi Ikan Betutu	4
2.2. Persebaran, Habitat dan Kebiasaan Makan Ikan Betutu	5
2.3. DNA <i>Barcoding</i>	6
2.4. PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>).....	7
2.5. Kekerbatan Genetik (Filogenetik).....	8
2.6. Kualitas Air	8
BAB 3. PELAKSANAAN PRAKTEK LAPANGAN.....	11
3.1. Tempat dan Waktu	11
3.2. Bahan dan Metode.....	11
3.3. Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1. Morfometrik dan Meristik Ikan Betutu (<i>O. marmorata</i>)	17
4.2. Amplifikasi dan Visualisasi DNA Gen COI	18
4.3. Persentase Kemiripan Ikan Betutu (<i>O. marmorata</i>)	20
4.4. Jarak Genetik dan Filogenetik Ikan Betutu (<i>O. marmorata</i>)	21
4.5. Kualitas Air	25
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1. Kesimpulan	27

5.2. Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Ikan betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i> Bleeker.)	4
Gambar 2.2. Peta persebaran ikan betutu (<i>O. marmorata</i>)	5
Gambar 3.1. Lokasi pengambilan sampel air dan ikan di Sungai Musi dan Balai Benih Ikan (BBI) Gandus	13
Gambar 4.1. Hasil visualisasi amplifikasi DNA gen COI sampel ikan betutu hasil domestikasi dan sampel ikan betutu asal Sungai Musi.....	19
Gambar 4.2. Analisis jarak genetik sampel ikan betutu (<i>O. marmorata</i>) hasil domestikasi dan sampel ikan betutu asal Sungai Musi.....	21
Gambar 4.3. Konstruksi filogenetik sampel ikan betutu (<i>O. marmorata</i>) hasil domestikasi dan sampel ikan betutu asal Sungai Musi.....	23

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian	11
Tabel 3.2. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	11
Tabel 4.1. Morfometrik dan meristik ikan betutu (<i>O. marmorata</i>).....	17
Tabel 4.2. Persentase kemiripan nukleotida ikan betutu (<i>O. marmorata</i>) betutu hasil domestikasi (OMD2, OMD3) dan sampel ikan betutu asal Sungai Musi (OMS2, OMS3)	20
Tabel 4.3. Hasil pengukuran kualitas air di BBI Gandus dan Sungai Musi.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel morfometrik meristik ikan betutu hasil domestikasi BBI Gandus dan ikan betutu asal Sungai Musi.....	33
Lampiran 2. Tabel kualitas air	34
Lampiran 3. Prosedur ekstraksi dengan metode <i>GeneAid</i>	35
Lampiran 4. Ukuran <i>Marker</i> DNA 1 Kb.....	36
Lampiran 5. Sekuens nukleotida hasil penelitian dan hasil BLASTn	37
Lampiran 6. Primer yang digunakan dalam penelitian	41
Lampiran 7. Dokumentasi penelitian	42
Lampiran 8. Proses editing sekuen nukleotida seluruh sampel	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) adalah salah satu jenis ikan air tawar spesies asli (*indigeneous species*) perairan umum Indonesia (Kordi, 2013). Berdasarkan data *Fishbase* (2019), ikan betutu dikenal dengan *Marble goby* yang tersebar di perairan Sumatera, Kalimantan dan Papua. Menurut Kordi (2013), ikan yang dikenal sebagai ikan gabus malas atau ikan hantu ini memiliki nilai ekonomis tinggi.

Terdapat 17 spesies ikan betutu, 11 diantaranya terdapat di luar negeri dan 8 spesies yang ditemukan di Indonesia. Spesies ikan betutu yang ditemukan di Indonesia antara lain *Oxyeleotris urophthalmoides*, *O. colasi*, *O. wisselensis*, *O. heterodon*, *O. paucipora*, *O. urophthalmus*, *O. marmorata* dan *O. altipinna*. Menurut Balai Riset Perikanan Perairan Umum (2010), spesies ikan betutu yang terdapat di Sumatera Selatan adalah jenis *Oxyeleotris marmorata*, yang terdapat di Sungai Musi. Upaya domestikasi ikan betutu telah dilakukan di Balai Riset Perikanan Perairan Umum (BRPPU) Mariana dan di Balai Benih Ikan (BBI) Gandus, Sumatera Selatan. Berdasarkan data pada NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) (2019), terdapat 260 data genetik ikan betutu, salah satunya berasal Jawa Barat, namun tidak ada satupun data genetik ikan betutu yang berasal dari Pulau Sumatera.

Identifikasi spesies ikan betutu menggunakan Gen COI merupakan salah satu upaya pengembangan informasi genetik yang dapat digunakan sebagai dasar proses seleksi ikan melalui kegiatan hibridisasi. DNA *barcoding* merupakan suatu sistem yang dirancang untuk identifikasi suatu spesies secara tepat dan akurat dengan menggunakan wilayah gen yang pendek dan terstandar (Hebert *et al.*, 2003). Penelitian mengenai DNA Barcode telah dilakukan terhadap beberapa ikan air tawar, diantaranya ikan patin siam dan ikan riu (Pratama, 2017), ikan baung (Syarifudin *et al.*, 2017), ikan beringit (Octrianie, 2018), ikan sepat Siam dan sepat biru (Syarifudin, 2019), ikan nila (Syarifudin *et al.*, 2019), ikan tapah (Syafaryah, 2019) serta ikan gabus dan serandang (Syarifudin *et al.*, 2020). Penelitian DNA

Barcode ikan betutu telah dilakukan di Jepang, Indonesia (Jawa Barat), Australia (NCBI, 2019), Thailand (Panprommin, 2018) dan China (Liu, 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan sekuens nukleotida gen COI yang kemudian dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies, menentukan jarak genetik serta menentukan kekerabatan genetik dari ikan betutu hasil domestikasi di BBI Gandus, Kota Palembang serta ikan betutu hasil tangkapan alam dari Sungai Musi di Desa Beruge, Kecamatan Babat Toman, Kabupaten Musi Banyuasin.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil survey, upaya domestikasi telah dilakukan di BRPPU Mariana dan BBI Gandus. Namun, produksi betutu masih bergantung pada penangkapan di alam. Berdasarkan data IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) (2019), ikan betutu dinyatakan sebagai spesies yang keberadaannya tinggal sedikit sehingga dikategorikan sebagai spesies *least concern*. Perlunya barcode DNA ikan betutu antara ikan betutu yang telah didomestikasi dan hasil tangkapan alam Sungai Musi dapat digunakan sebagai informasi genetik, yang berguna sebagai acuan dalam proses seleksi ikan melalui kegiatan hibridisasi.

DNA *barcoding* digunakan secara luas untuk mengidentifikasi sebuah spesimen dengan akurasi yang tinggi dan cepat. Berdasarkan Zein dan Prawiradilaga (2013), gen mitokondria COI telah dipilih menjadi salah satu gen yang sekuensnya digunakan dalam barcode. Gen ini mempunyai sifat-sifat yang memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam menentukan identitas sebuah spesies untuk hampir semua hewan tingkat tinggi. Selain itu, analisis DNA mitokondria dari spesies hewan digunakan dalam mempelajari evolusi, struktur populasi, aliran gen, hibridisasi, biogeografi, dan filogeni (Ingman *et al.*, 2000). Kelebihan gen COI dibandingkan dengan yang lainnya yaitu panjang seluruh gen relatif pendek, gen relatif stabil tidak mudah mengalami perubahan dibandingkan dengan gen-gen mitokondria yang sejenis, sangat cocok untuk menentukan identitas sebuah spesies karena mempunyai variabilitas yang rendah yaitu 1-2%, bahkan pada kelompok

yang mempunyai kekerabatan yang dekat hanya memiliki perbedaan beberapa persen saja serta memiliki jumlah kopi yang banyak sehingga mudah diamplifikasi apabila dibandingkan dengan gen yang berasal dari inti. Penggunaan sekuens DNA pada penelitian filogenetik telah dilakukan terhadap semua tingkatan taksonomi, misalnya famili, genus dan spesies (Hidayat dan Pancoro, 2008). Belum ada data genetik mengenai ikan betutu Sumatera Selatan, menjadikan DNA barcode ikan betutu penting dilakukan untuk mengetahui kekerabatan genetik ikan betutu antar populasi yang ada maupun dengan pusat data *GenBank* sebagai acuan untuk melakukan upaya hibridisasi.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui sekuens gen COI DNA mitokondria pada ikan betutu (*O. marmorata*) hasil domestikasi dan ikan betutu di Sungai Musi
2. Mengetahui pohon filogenetik antar spesies ikan betutu dari hasil penelitian dan pusat data *GenBank*

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai sekuens Gen *Cytochrome C Oxidase Subunit I* (COI) DNA mitokondria dari ikan betutu yang berasal dari hasil domestikasi di BBI (Balai Benih Ikan) Gandus, Kota Palembang dan ikan betutu yang berasal dari Sungai Musi dari Desa Beruge, Kecamatan Babat Toman, Kabupaten Musi Banyuasin sehingga bisa digunakan sebagai dasar dalam melakukan pemuliaan ikan betutu antar populasi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abulias, M.N. dan Bhagawati, D., 2009. Genetic diversity of betutu (*Oxyeleotris* sp.) in Panglima Besar Soedirman Dam at Banjarnegara Regency and Rawa Pening Basin at Salatiga City. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 10 (1), 1-6.
- Aqzayunarsih., Andriani, I., Agus, R. dan Marwayana, O.N., 2015. *Optimasi PCR : konsentrasi primer dan volume template DNA pada amplifikasi mtDNA ikan medaka *Oryzias* spp. di daerah aliran sungai (DAS) Maros*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Aritonang, S.J., Efizon, D. dan Windarti., 2019. *Pola pertumbuhan ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) di perairan Danau Toba Kecamatan Haranggaol Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara*. Skripsi. Universitas Riau.
- Ariyanti, Y., 2012. *Aplikasi DNA barcode pada penentuan spesies ikan danau laut tawar, Nanggroe Aceh Darussalam*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Astuty, S., Diana, S. dan Iskandar., 2000. Studi biologi ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) di perairan Waduk Cirata. *Jurnal Bionatura*, 2 (1), 21-22.
- Balai Riset Perikanan Perairan Umum (BRPPU), 2010. *Perikanan Perairan Sungai Musi Sumatera Selatan*. Bee Publishing : Palembang.
- Bintoro, A. dan Apriyadi., 2016. Pengukuran kadar amonia di Sungai Kambe Kabupaten Merauke Provinsi Papua. *Buletin Teknik Litkayasa*, 14 (2), 135-140.
- Budiarto, R.B., 2015. *Polymerase Chain Reaction (PCR) : perkembangan dan perannya dalam diagnostik kesehatan*. *BioTrends*, 6 (2), 29-38.
- Campbell, N.A., Reece, J.B. dan Mitchell. L.G., 2003. *Biologi Jilid 2 Edisi 5*. Diterjemahkan oleh Wasman Manalu. Jakarta : Erlangga.
- Dharmayanti, I., 2011. Filogenetika molekuler: metode taksonomi organisme berdasarkan sejarah evolusi. *Wartazoa*, 21 (1), 1-10.
- Diantari, R., Damai, A.A. dan Pratiwi, L. D., 2018. Evaluasi kesesuaian perairan untuk budidaya ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) di Desa Rantau Jaya Makmur Sungai Way Pegadungan Kecamatan Putera Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3 (1), 807-822.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius.

- 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*, 11 (2), 137-145.
- Fishbase., 2019. *Oxyeleotris marmorata* Bleeker [online]. <https://www.fishbase.se/summary/Oxyeleotris-marmorata.html> [diakses pada tanggal 25 November 2019].
- Handoyo, D. dan Rudiretna, A., 2000. Prinsip umum dan pelaksanaan polymerase chain reaction (PCR). *Jurnal Unitas*, 9 (1), 17-29.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. and Waard, D.J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B. Biological Sciences*, 270, 313-321.
- Hidayat, T.A. dan Pancoro., 2008. Kajian filogenetika molekuler dan peranannya dalam menyediakan informasi dasar untuk meningkatkan kualitas sumber genetik angrek. *Jurnal AgroBiogen*, 4, 35-40.
- Idris, H.B., Ambak, M.A. dan Ikhwannuddin, M., 2012. Sex determination in *Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852) based on morphometric features. *Natural and Applied Sciences*, 6 (6), 763-771.
- Ingman, M., Kaessmann, H., Paabo, S. and Gyllensten, U., 2000. Mitochondrial genome variation and the origin of modern humans. *NATURE*, 408, 708-713.
- IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*), 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species : Oxyeleotris marmorata* [online]. www.iucnredlist.org [1 September 2020].
- Jamal, K., Sondita, M.F.A, Haluan, J. dan Wiryawan, B., 2012. Pemanfaatan data biologi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dalam rangka pengelolaan perikanan bertanggung jawab di perairan Teluk Bone. *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (1), 107-113.
- Kordi, M.G.H.K. dan Tancung, A.B., 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Kordi, M.G.H.K., 2013. *Panduan Lengkap Bisnis Budi Daya Ikan Betutu*. Yogyakarta : Lily Pulisher.
- Kusuma, A.B., Bengen, D.G., Maddupa, H., Subhan, B. dan Arafat, D., 2016. Keanekaragaman genetik karang lunak (*Sarcophyton trocheliophorum*) pada populasi Laut Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi. *Jurnal Enggano*, 1 (1), 89-96.
- Lemey, P., Selemi, M. and Vandamme, A.M., 2009. *The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing*. UK : Cambridge University Press.

- NCBI (*National Center for Biotechnology Information*), 2019. *Oxyeleotris marmorata Bleeker* [online]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> [diakses pada tanggal 2 Desember 2019].
- Octriane, N., 2018. *DNA ikan beringit (Mystus singaringan) asal sungai Batanghari berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit 1 (COI)*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Pandin, D.S., 2000. *Kemiripan genetik populasi kelapa dalam Mapanget Tenga, Bali, Palu dan Sawarna berdasarkan penanda RAPD*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Pandin, D.S., 2009. Keragaman genetik Kelapa Dalam Bali (DBI) dan dalam Sawarna (DSA) berdasarkan penanda *Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)*. *Buletin Palma*, 37.
- Panprommin, D., Soontornprasit, K., Tuncharoen, S. Pithakpol, S. and Keereelang, J., 2019. DNA Barcode for the identification of species diversity in fish from Kwan Phayao, Thailand. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 12, 382-289.
- Pratama, M.R.N., 2017. *Aplikasi DNA barcode pada ikan patin siam (Pangasius hypophthalmus) dan ikan riu (Pangasius macronema) berdasarkan Gen Sitokrom C Oksidase Subunit I (COI)*. Skripsi. Universitas Sriwijaya
- Saanin., 1968. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan I*. Binacipta : Jakarta.
- 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 (SNIMed) V*, Universitas Islam Indonesia 6 Desember 2014.
- Schmidt, H.A., 2003. *Phylogenetic Trees from Large Datasets*. Dissertation, Dusseldorf University.
- Suryana, E., Elvyra, R. dan Yusfiati., 2015. Karakteristik morfometrik dan meristik ikan lais (*Kryptopterus limpok*, Bleeker 1852) di Sungai Tapung dan Sungai Kampar Kiri Provinsi Riau. *JOM FMIPA*, 2 (1), 67-77.
- Sutomo., 1989. Pengaruh amonia terhadap ikan dalam budidaya sistem tertutup. *Oseana*, 15 (1), 19-26.
- Syafaryah, P., 2019. *DNA ikan tapah (Wallago leerii) berdasarkan gen Cythochrome C Oxydase Subunit I (COI)*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Syaifudin, M., Bekaert, B., 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.

- Syaifudin, M., Jubaedah, D., Muslim, M. dan Daryani, A., 2017. DNA authentication of asian redbtail catfish *Hemibagrus nemurus* from Musi and Penukal river, South Sumatra Indonesia. *Genetics of Aquatic Organisms*, 1, 43-48.
- Syaifudin, M., Jubaedah, D., Yonarta, D. dan Hastuti, Z., 2019. DNA barcoding of snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*) and blue bourami (*Trichogaster trichopterus*) based on cythochrome c oxidase subunit I (COI) gene. *Earth and Environmental Science*, 1-6.
- Syaifudin, M., Wijayanti, M. Dwinanti, S.H. Muslim. Mahendra, M. dan Marlina, S., 2020. Short Communication: DNA barcodes and phylogenetic of striped snakehead and ocellated snakehead fish from South Sumatra, Indonesia. *BIODIVERSITAS*, 21 (3).
- Wardani, M. T., Kudiyanitini, E. dan Budiharjo, A., 2017. Identifikasi isolat *Monosacus* sp hasil isolasi angkak berdasarkan gen Internal Transcribed Spacer (ITS) dan pengukuran kandungan pigmen. *Jurnal Biologi*, 6 (2), 34-40.
- Yulfiperius., Toelihere, M.R., Affandi, R. dan Sjafei, D.S., 2006. Pengaruh alkalinitas terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan lalawak (*Barbodes* sp.). *Biosfera*, 23 (1), 38-43.
- Yusuf, Z.K., 2010. Polymerase Chain Reaction (PCR). *Saintek*, 5 (6).
- Yuwono, T., 2006. *Teori dan Aplikasi Polymerase Chain Reaction Edisi 1*. Yogyakarta : Andi.
- Zein, M.S.A. dan Prawiradilaga, D.M., 2013. *DNA Barcode Fauna Indonesia*. Jakarta : Kencana Prenadamedia Group.