

**PERBEDAAN LAMA PERENDAMAN EKSTRAK GONAD BULU BABI
(*Diadema setosum*) TERHADAP MASKULINISASI IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DENGAN DOSIS 4 mg/L**

(Skripsi)

Oleh

Mutiara Pradita Sari

1917061004



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

PERBEDAAN LAMA PERENDAMAN EKSTRAK GONAD BULU BABI (*Diadema setosum*) TERHADAP MASKULINISASI IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DENGAN DOSIS 4 mg/L

Oleh

Mutiara Pradita Sari

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu jenis ikan yang banyak diminati karena memiliki nilai ekonomis tinggi dan daging yang tebal. Ikan nila mudah berkembangbiak, maka dapat terjadi pemijahan yang tidak terkontrol dan menyebabkan pertumbuhan menjadi lambat. Untuk meningkatkan laju pertumbuhan dapat dilakukan dengan cara pembalikan kelamin (*sex reversal*). Salah satu cara pembalikan kelamin yang dapat dilakukan adalah melalui perendaman dengan hormon steroid. Salah satu zat bioaktif yang terkandung dalam bulu babi adalah senyawa steroid. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh lama perendaman dalam ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) dosis 4 mg/L terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan nila dan mengetahui pengaruh lama perendaman dalam ekstrak gonad bulu babi terhadap kelulushidupan ikan nila. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 perlakuan dan 3 kali ulangan pada dosis 4 mg/L dengan lama perendaman 0, 12, 18 dan 24 jam. Data dianalisis menggunakan software SPSS 16 dengan analisis sidik ragam (*One Way Anova*) dan Uji Beda Nyata

Terkecil (BNT) dengan taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan lama perendaman dalam larutan ekstrak steroid bulu babi dosis 4 mg/L berpengaruh secara nyata terhadap pembentukan individu jantan. Waktu perendaman 18 jam cukup efektif dalam pengarahannya jenis kelamin ikan menjadi jantan sebesar 66 %. Sedangkan lama perendaman juga berpengaruh terhadap tingkat kelulushidupan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Kata kunci: gonad bulu babi, ikan nila, *sex reversal*, steroid.

**PERBEDAAN LAMA PERENDAMAN EKSTRAK GONAD BULU BABI
(*Diadema setosum*) TERHADAP MAKULINISASI IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) DENGAN DOSIS 4 mg/L**

**Oleh
Mutiara Pradita Sari**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

**Pada
Program Studi Biologi Terapan
Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI TERAPAN
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **PERBEDAAN LAMA PERENDAMAN EKSTRAK
GONAD BULU BABI (*Diadema setosum*) TERHADAP
MASKULINISASI IKAN NILA (*Oreochromis
niloticus*) DENGAN DOSIS 4 mg/L**

Nama mahasiswa : Mutiara Pradita Sari

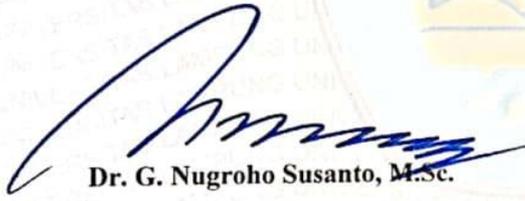
Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

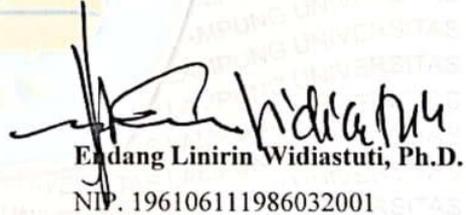
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1



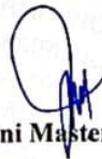
Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.
NIP. 196103111988031001

Pembimbing 2



Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.
NIP. 196106111986032001

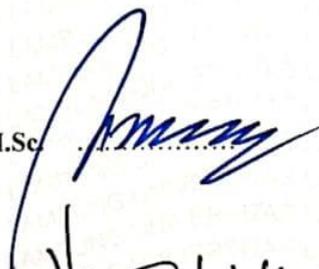
2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA



Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

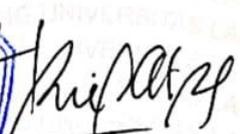
Ketua : Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc. 

Sekretaris : Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. 

Penguji
Bukan Penguji : Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D. 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam





Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Mei 2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Di bawah ini :

Nama : Mutiara Pradita Sari
NPM : 1917061004
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya berjudul :

“Perbedaan Lama Perendaman Ekstrak Gonad Bulu Babi (*Diadema Setosum*) Terhadap Makulinisasi Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Dengan Dosis 4 mg/L”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Kemudian, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya siap menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 20 Mei 2023

Yang Menyatakan



Mutiara Pradita Sari
NPM. 1917061004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu, pada tanggal 19 Juli 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Suwondo dan ibu Lucia Titis Utami. Penulis bertempat tinggal di desa Sidoharjo Kec. Pringsewu, Kab. Pringsewu, Lampung

Penulis mengawali jenjang pendidikan di SD N 2 Sidoharjo pada 2007. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMP N 2 Pringsewu dan pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan di SMA S Xaverius Pringsewu. Pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan lalu bekerja selama beberapa bulan. Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah di Jurusan Biologi. Selain itu, penulis juga aktif berorganisasi di intra kampus seperti menjadi anggota bidang Ekspedisi di Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sedangkan organisasi di ekstra kampus seperti menjadi Presidium Pengembangan Organisasi di Perhimpunan Mahasiswa Katolik Republik Indonesia (PMKRI) Cabang B.Lampung dan Presidium Hubungan Perguruan Tinggi di Perhimpunan Mahasiswa Katolik Republik Indonesia (PMKRI) Cabang B.Lampung.

Pada tahun 2019 penulis melaksanakan kegiatan Karya Wisata Ilmiah (KWI) di Lampung Timur selama 7 hari. Pada awal Januari 2022 penulis melaksanakan Kerja Praktik di Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Moeloek (RSUDAM) lalu pada bulan Juni tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di desa Sumberhadi, kecamatan Melinting, Lampung Timur selama 40 hari. Lalu pada

bulan Agustus penulis melaksanakan kegiatan Masa Bimbingan (MABIM) yang diadakan oleh PMKRI Cabang B. Lampung, Pada bulan September penulis melaksanakan kegiatan Latihan Kepemimpinan Kader (LKK) yang di adakan oleh PMKRI Cabang Palembang selama 7 hari, dan pada bulan Oktober penulis melaksanakan kegiatan Seminar dan Masa Penerimaan Anggota Baru yang diadakan oleh PMKRI Cabang B.Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur atas berkat Tuhan Yang Maha Esa, kupersembahkan karya sederhana ini sebagai Hormat dan Baktiku, terutama untuk :

1. Kedua orangtua ku yang telah memberikan segala nya, yang tanpa lelah mendidik dan membimbingku sampai saat ini.
2. Kedua adikku, Berlian Pradita Putri dan Cristalyn Pradita Emauri yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan studiku.
3. Bapak dan Ibu dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
4. Orang-orang terdekatku yang banyak mengajari arti hidup.
5. Almamater tercinta Universitas Lampung.

MOTTO

“Janganlah hatimu iri kepada orang-orang yang berdosa, tetapi takutlah akan Tuhan senantiasa. Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang” (**Amsal 23:17-18**).

“Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu” (**Matius 7:7-8**)

“Jangan seorang pun menganggap engkau rendah karena engkau muda. Jadilah teladan bagi orang-orang percaya, dalam perkataanmu, dalam tingkah lakumu, dalam kasihmu, dalam kesetiaanmu dan dalam secusianmu” (**1 Timotius 4:12**)

SANWACANA

Dengan menyebut nama Tuhan Yang Maha Esa yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, puji syukur saya haturkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan berkat keselamatan dan kesehatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Perbedaan Lama Perendaman Ekstrak Gonad Bulu Babi (*Diadema Setosum*) Terhadap Makulinisasi Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Dengan Dosis 4 mg/L”** sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Bidang Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

Selama penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan kendala, dan dengan bantuan dari berbagai pihak skripsi ini dapat diselesaikan penulis sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc., selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, ide, nasihat maupun kritikan yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
2. Ibu Endang Linirin Widiastuti, Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat maupun kritikan yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Tugiyono, Ph.D., selaku pembahas yang telah memberikan saran, kritikan serta masukan dalam upaya perbaikan skripsi ini.

4. Bapak Priyambodo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan arahan selama masa studi penulis.
5. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M. T selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan ibu Dosen, beserta seluruh staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama jurusan Biologi yang telah banyak membantu dan memberi banyak ilmu yang bermanfaat.
8. Seluruh staf Unit Pelaksana Teknik (UPT) Laboratorium Sentra Inovasi dan Teknologi dan laboratorium Biologi Molekuler yang telah banyak memberi bantuan dan bimbingan selama penelitian.
9. Kedua orangtua tercinta, Bapak Suwondo dan Ibu Lucia Titis Utami, kedua adiknya Berlian Pradita Putri dan Cristalyn Pradita Emauri yang telah memberikan segalanya kepada penulis.
10. Sahabat saya Lukas Wicaksono, Delfi Yani Tondang, Dinda Shafa Tiarannisa, Ubaid Jan Ayuni, Ayuni Mitra Sari, Aryan Yuhandi Putera terima kasih karena telah memberi keceriaan, semangat, doa serta dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini..
11. Teman seperjuangan Yolanda Nababan yang telah banyak berbagi kesusahan maupun kesenangan selama penelitian berlangsung.
12. Teman-teman Biologi angkatan 2019 atas kebersamaan dan dukungannya dari awal kuliah sampai pelaksanaan penulisan skripsi ini.
13. Teman-teman PMKRI Cabang B.Lampung terutama Pengurus Harian Cabang (PHC) Periode 2021/2022. Bang nelson, Delfi, Adven, Tia, Pilip, Nat, Pedro dan biro PHPT Putri, Dino, Agung serta senior PMKRI dan adik-adik serta rekan-rekan PMKRI yang telah memberikan dukungan, semangat dan pengalaman yang sangat berharga kepada penulis.
14. Teman-teman Kerja Praktik di Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Moeloek (RSUDAM). Aryan, Dinda, Salimah, Syifa, Bella, Emil

terimakasih untuk kebersamaan selama 40 hari serta persahabatan yang terjalin hingga saat ini.

15. Teman-teman KKN Unila Periode 2 tahun 2022 desa Sumberhadi, Kecamatan Melinting. Dinda, Tasya, Vadella, Rizki, Rian, Anggista terimakasih untuk kebersamaan selama 40 hari, serta persahabatan yang terjalin hingga saat ini.
16. Semua pihak yang telah membantu selama perkuliahan yang tidak dapat saya tulis satu persatu.
17. Almamater tercinta Universitas Lampung.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis memiliki harapan bahwa karya tulis ini bermanfaat bagi pembaca, baik dari segi pendidikan maupun ilmiah. Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu memberkati semua makhluk di dunia.

Bandar Lampung, Mei 2023

Penulis

Mutiara Pradita Sari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
MENGESAHKAN	vi
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	x
MOTTO	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pikiran.....	3
1.5 Hipotesis Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	5
2.1.2 Kebutuhan Nutrien Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	6
2.1.3 Reproduksi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	7
2.1.4 Habitat dan Kebiasaan hidup Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	9
2.1.5 Pakan dan Kebiasaan Makan.....	10
2.2 <i>Sex Reversal</i> atau Pembalikan Kelamin	10

2.3	Bulu Babi (<i>Diadema setosum</i>).....	12
2.3.1	Klasifikasi dan Morfologi Bulu Babi	12
2.3.2	Reproduksi Bulu Babi.....	13
2.3.3	Habitat Bulu Babi	14
2.3.4	Pakan dan Kebiasaan Makan.....	15
2.3.5	Biokimia Bulu Babi	15
2.4	Hormon Steroid.....	17
2.4.1	Definisi dan Kandungan Hormon Steroid.....	17
2.4.2	Hormon Steroid dalam <i>Sex Reversal</i>	17
III. METODE PENELITIAN		19
3.1	Waktu dan Tempat	19
3.2	Alat dan Bahan.....	19
3.3	Rancangan Penelitian	20
3.4	Prosedur Penelitian.....	21
3.4.1	Persiapan Wadah Pemeliharaan dan Pengisian Air	21
3.4.2	Pembuatan Ekstrak Steroid Bulu Babi (<i>Diadema setosum</i>).....	21
3.4.3	Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.5	Pengambilan Data	23
3.5.1	Persentase Pembentukan Kelamin.....	23
3.5.2	Tingkat Kelangsungan Hidup (<i>Survival Rate</i>)	24
3.6	Analisis Data.....	24
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		25
5.1	Kesimpulan	25
5.2	Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA.....		26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi kimia gonad bulu babi.....	16
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) (Sumber : Zairin, 2013)	5
Gambar 2. Morfologi bulu babi (<i>Diadema setosum</i>) (Sumber:Shafferforjudge.com).....	12
Gambar 3. Bentuk umum bulu babi regularia (Clark dan Rowe, 1971)	16
Gambar 4. Kelompok hormon steroid berdasarkan atom karbonnya (Guyton, 2016).	17
Gambar 5. Tata letak penelitian.....	20
Gambar 6. (a) Alat kelamin jantan terlihat ada tonjolan dan (b) alat kelamin betina terlihat ada cekungan (sumber : Anonim, 1998)	23

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu ikan ekonomis di dunia. Ikan ini memiliki keunggulan yaitu mudah berkembangbiak, pertumbuhan cepat, toleran terhadap kondisi lingkungan, berdaging tebal, disukai masyarakat, mudah dibudidayakan (Shalaby *et al.*, 2017; Bombata dan Somatun, 2018; Phelps dan Popma, 2020;). Ikan nila memiliki sifat mudah berkembangbiak, sehingga mudah terjadi pemijahan yang tidak terkontrol yang berakibat pertumbuhan menjadi lambat (Dunham, 2014; Phelps dan Popma, 2020; Vandaraj dan Pandian, 2020).

Laju pertumbuhan ikan nila jantan lebih cepat dibandingkan dengan ikan betina (Dunham, 2014; Manosroi, 2014; Shalaby *et al.*, 2017; Popma dan Masser, 2019; Phelps dan Popma, 2020). Selisih biomass ikan pada waktu panen yang disebabkan oleh fenomena tersebut dapat mencapai 30-50% (Mair *et al.*, 2015). Dalam mengembangkan usaha budidaya ikan tersebut, perlu dilakukan budidaya ikan kelamin tunggal (*monosex*) jantan. Budidaya *monosex* dilakukan untuk memperoleh pertumbuhan yang lebih cepat, mengendalikan pemijahan liar, dan mendapatkan penampilan yang lebih baik (Zairin, 2013).

Salah satu teknik untuk mendapatkan benih ikan nila *monosex* jantan adalah melalui teknik *sex reversal* dengan pemberian hormon jantan (testosteron). Hormon yang umum digunakan adalah hormon sintetik 17α -methyltestosteron (Macintosh dan Little, 2015; Phelps dan Popma, 2020). Namun penggunaan hormon sintetik 17α - metiltestosteron sudah dilarang

dalam kegiatan akuakultur karena sulit terdegradasi secara alami sehingga berpotensi mencemari lingkungan (Homklin *et al.*, 2019). Selain itu penggunaan hormon sintetik memiliki beberapa kelemahan yaitu harganya relatif mahal dan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Sukmara, 2017). Syaifuddin *et al* (2014) menyatakan bahwa pemberian hormon sintetik pada metode *sex reversal* dapat menimbulkan stres, sehingga tingkat kelulushidupan larva menjadi rendah.

Beberapa bahan lain yang dapat dijadikan alternatif sebagai bahan pengganti hormon sintetik tersebut adalah kombinasi ekstrak teripang dan madu hutan (Susanto *et al.*, 2021), ekstrak jeroan teripang pasir (Susanto *et al.*, 2018), tepung testis sapi (Meyer *et al.*, 2018), dan ekstrak purwoceng (Harton *et al.*, 2013). Dalam penelitian ini bulu babi dapat digunakan sebagai bahan alternatif yang lebih aman, karena mengandung 28 macam asam amino dan asam lemak, vitamin A dan B kompleks, serta mineral (Aziz, 2015). Selain itu bulu babi juga memiliki metabolit sekunder *naphthoquinone*. yang memiliki efek anti radikal bebas (Shikov *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian (Akerina *et al.*, 2015) ekstrak dari cangkang, duri dan gonad bulu babi mengandung senyawa aktif dari golongan steroid/triterpenoid, flavonoid dan saponin. Pemberian hormon steroid akan mengubah jenis kelamin ikan secara fisiologis. Awalnya hormon ini akan merangsang proses reproduksi mulai dari diferensiasi gonad, gametogenesis, ovulasi, spermatogenesis, pemijahan serta tingkah laku kawin. Selanjutnya hormon ini akan merangsang ciri kelamin eksternal, meliputi perubahan morfologi dan fisiologi saat memijah, serta produksi feromon (Yamazaki, 2013).

Menurut Sarida (2018) senyawa aktif steroid mengandung hormon testosteron yang berperan dalam pembentukan organ kelamin jantan, fungsi reproduksi, serta perilaku seksual. Berdasarkan hasil penelitian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh pemberian ekstrak steroid bulu babi (*Diadema setosum*) pada dosis 4 mg/L dengan waktu perendaman yang efektif dalam pembentukan jantan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Selain itu penelitian yang berkaitan dengan manfaat ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) terhadap maskulinasi ikan masih jarang dilakukan, sehingga penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan penelitian berikutnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh lama perendaman ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) selama 0, 12, 18 dan 24 jam dengan dosis 4 mg/L terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan nila.
2. Mengetahui pengaruh lama perendaman ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) selama 0, 12, 18 dan 24 jam dengan dosis 4 mg/L terhadap kelulushidupan ikan nila.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat dalam pembentukan individu jantan (maskulinisasi) dengan pemberian ekstrak gonad bulu babi untuk usaha budidaya ikan nila.

1.4 Kerangka Pikiran

Produksi ikan nila (*Oreochromis sp.*) di Indonesia menduduki urutan ketiga terbesar untuk budidaya ikan air tawar setelah ikan mas dan ikan tawes. Laju pertumbuhan ikan nila jantan sekitar 20% lebih cepat daripada betina dan rendemen daging ikan nila jantan dengan sistem *monosex culture* (budidaya tunggal kelamin) sangat menguntungkan. *Monosex culture* juga dapat mencegah pemijahan liar, sehingga dihasilkan ikan berukuran besar dan seragam. Proses pengarahan kelamin pada ikan ini dapat dilakukan dengan cara memberi rangsangan hormon pada saat gonad ikan belum terbentuk

atau saat ikan masa larva dan belum terjadi diferensiasi seksual dalam pembentukan kelaminnya. Terdapat beberapa metode dalam pemberian hormon untuk pengarahannya jenis kelamin yaitu dengan penyuntikan, perendaman, dan pencampuran dalam pakan.

Pada penelitian ini digunakan metode perendaman menggunakan hormon alami yang berasal dari ekstrak steroid gonad bulu babi. Hormon steroid dapat menstimulasi terjadinya peningkatan testosteron, sehingga dapat mengarahkan pembentukan kelamin jantan. Perendaman dilakukan dengan harapan hormon akan masuk secara efektif dalam sistem transportasi dan osmoregulasi ikan. Gonad bulu babi dipilih karena pada bagian ini ditemukan kandungan steroid yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian cangkang dan durinya. Konsentrasi yang digunakan pada perendaman ini sebesar 4 mg/L dengan lama perendaman berbeda 0, 12, 18, dan 24 jam yang diharapkan akan mampu meningkatkan pembentukan ikan nila jantan.

1.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan penjelasan diatas maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Lama perendaman dalam ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) berpengaruh terhadap meningkatnya pembentukan jantan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
2. Lama perendaman dalam ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) selama 12, 18 dan 24 jam berpengaruh terhadap meningkatnya kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

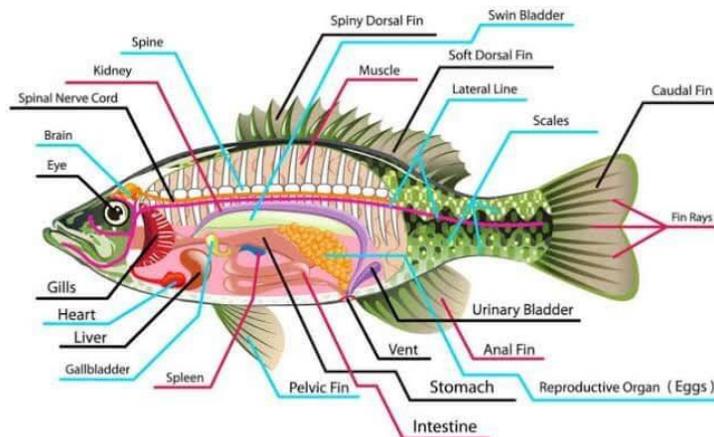
2.1 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Klasifikasi ikan nila menurut Khairuman dan Amri (2013) adalah sebagai berikut:

Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Subkelas	: Acanthopterigii
Famili	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis sp.</i>

Morfologi ikan nila disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Sumber : Zairin, 2013)

Ikan nila memiliki ciri bentuk tubuhnya pipih, memanjang, bersisik ukuran besar dan kasar, serta memiliki garis *linea lateralis* (gurat sisi) yang terbagi menjadi 2 yaitu, bagian atas dan bagian bawah. Mata pada ikan nila sedikit menonjol berwarna hitam dengan tepiannya berwarna putih (Saparinto dan Susiana, 2013).

Ukuran panjang tubuh dari mulut hingga ekor mencapai 30 cm ditutupi sisik sisir (*stenoid*) dimana warna sisik ditentukan oleh jenis ikan itu sendiri. Tubuh ikan nila memiliki garis atau pita gelap vertikal (*belang*) yang akan semakin memudar dengan bertambahnya umur ikan tersebut. Garis vertikal yang terdapat pada tubuh ikan nila berjumlah 8 buah, sirip punggung 8 buah, sirip ekor 6 buah, warna sirip punggung akan berubah menjadi berwarna kemerahan saat musim berbiak. Ikan nila dilengkapi dengan sirip yang sempurna, yaitu sirip punggung (*dorsal fin*), sirip perut (*ventral fin*), sirip dada (*pectoral fin*), sirip dubur (*anal fin*), dan sirip ekor (*caudal fin*) (Saparinto dan Susiana, 2013).

2.1.2 Kebutuhan Nutrien Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Kebutuhan nutrien yang dibutuhkan oleh ikan nila meliputi protein, karbohidrat, dan lemak. Kandungan nutrien yang tidak tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan, seperti kurangnya protein menyebabkan ikan hanya memanfaatkan protein untuk kebutuhan dasar dan kurang untuk pertumbuhannya. Sebaliknya kandungan protein yang berlebih, menyebabkan protein akan terbuang dan meningkatkan kandungan amoniak dalam perairan. Kebutuhan nutrisi ikan dapat terpenuhi dengan adanya kandungan protein dalam pakan. Protein merupakan kompleks yang terdiri dari asam amino esensial yang merupakan senyawa molekul mengandung gugus fungsional amino ($-NH_2$) maupun karboksil ($-CO_2H$) dan non esensial (National Research Council, 2013).

2.1.3 Reproduksi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Menurut Fujaya (2014) reproduksi adalah kemampuan individu untuk menghasilkan keturunan sebagai upaya untuk melestarikan jenisnya atau kelompoknya. Sedangkan fertilisasi adalah proses penyatuan ovum (sel telur) dengan spermatozoa, dimana proses ini merupakan tahap awal pembentukan embrio. Fertilisasi merupakan suatu proses yang sangat penting dan merupakan titik puncak dari serangkaian proses yang terjadi sebelumnya (Puja *et al.*, 2020).

Fertilisasi juga mempunyai pengertian suatu proses penyatuan atau fusi dari dua sel gamet yang berbeda, yaitu sel gamet jantan dan betina yang akan membentuk zigot yang mengandung satu sel (Suyanto, 2014). Fertilisasi ikan ada dua jenis, yaitu fertilisasi eksternal dan fertilisasi internal. Fertilisasi eksternal merupakan fertilisasi yang dilakukan ikan pada umumnya termasuk ikan nila. Pada fertilisasi ini sel telur bersatu dengan sperma di luar tubuh induknya. Fertilisasi internal merupakan fertilisasi yang dilakukan ikan di dalam tubuh induknya dengan menggunakan organ tambahan pada ikan seperti gonopodium, myxopterigium (clasper) dan tenaculum. Ikan nila bersifat beranak pinak dengan cepat pertumbuhannya.

Ikan nila mulai memijah pada umur 4 bulan atau panjang badan sekitar 9,5 cm. Pembiakan terjadi setiap tahun tanpa adanya musim tertentu dengan interval waktu kematangan telur sekitar 2 bulan. Induk betina matang kelamin dapat menghasilkan telur antara 250 - 1.100 butir (Sugiarto, 2018). Nila merah tergolong sebagai *mouth breeder* atau pengeram dalam mulut. Telur-telur yang telah dibuahi akan menetas dalam jangka 35 hari di dalam mulut induk betina (Suyanto, 2014). Nila merah jantan mempunyai naluri membuat sarang berbentuk lubang di dasar perairan yang lunak sebelum mengajak pasangannya untuk memijah. Selesai pemijahan, induk betina menghisap telur-telur yang

telah dibuahi untuk dierami di dalam mulutnya. Induk jantan akan meninggalkan induk betina, membuat sarang dan kawin lagi. Ikan nila merupakan *Parental Care Fish*, yaitu tipe yang mengerami telur dan menjaganya dalam mulut (Suyanto, 2014). Nila betina mengerami telur di dalam mulutnya dan senantiasa mengasuh anaknya yang masih lemah. Selama 10-13 hari, larva diasuh oleh induk betina. Jika induk betina melihat ada ancaman, maka anakan akan dihisap masuk oleh mulut betina, dan dikeluarkan lagi bila situasi telah aman. Benih diasuh sampai berumur kurang lebih 2 minggu (Sugiarto, 2018).

Fujaya (2014) menyatakan bahwa mekanisme diferensiasi kelamin mula-mula berawal dari adanya sintesis hormon yang terjadi bila ada perubahan lingkungan (tidak sesuai dengan kondisi normal atau adanya ketidakseimbangan antara kondisi dalam dan luar tubuh). Perubahan lingkungan yang terjadi akan diterima oleh indra, lalu disampaikan ke sistem syaraf pusat, setelah itu dikirim ke hipotalamus, kemudian memerintahkan kelenjar hipofisis untuk mengeluarkan atau melepaskan hormon gonadatropin. Hormon gonadotropin ini masuk ke dalam darah dan dibawa ke gonad sebagai suatu petunjuk untuk memulai pembentukan gonad. Hormon jantan utamanya adalah testosteron dan betina estrogen.

Selain itu, ikan ini memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan kadar garam sampai 30 promil. Ikan ini dapat mencapai saat dewasa pada umur 4-5 bulan dan akan mencapai pertumbuhan maksimal untuk melahirkan sampai berumur 1,5-2 tahun. Pada saat ikan nila berumur lebih dari 1 tahun beratnya mencapai 800 gr dan pada saat itu ikan nila dapat mengeluarkan 1200-1500 larva setiap kali memijah, dan dapat berlangsung selama 6-7 kali dalam setahun. Sebelum memijah ikan nila jantan selalu membuat sarang di dasar perairan, daerahnya akan dijaga dan merupakan daerah teritorialnya sendiri (Suyanto, 2014).

Ikan betina yang siap memijah akan mengeluarkan telur dilubang yang telah dipersiapkan oleh jantan dan telur-telur tersebut akan dibuahi oleh ikan jantan. Setelah telur dibuahi, telur tersebut akan dikumpulkan oleh ikan betina dan dierami di dalam mulut sampai menetas. Lama pengeraman di dalam mulut berkisar antara 1-2 minggu tergantung suhu air tempat pemijahan. Setelah larva dilepas oleh induk betina, larva-larva tersebut akan kembali ke dalam mulut induk betina apabila ada bahaya yang mengancam. Kondisi air yang tenang akan menguntungkan bagi pertumbuhan dan pemijahan ikan nila. Dalam upaya memperoleh tingkat pemijahan yang optimum, ikan nila bersifat poligami, maka nisbah kelamin dianjurkan 1 jantan untuk 2 betina pada seluas kolam 10 m² (Djarajah, 2012).

2.1.4 Habitat dan Kebiasaan hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan Nila merupakan ikan konsumsi yang umum hidup di perairan tawar, terkadang juga ditemukan hidup di perairan yang agak asin (payau). Ikan Nila dikenal sebagai ikan yang bersifat euryhaline (dapat hidup pada kisaran salinitas yang luas). Ikan ini mendiami berbagai habitat air tawar, termasuk saluran air yang dangkal, kolam, sungai dan danau. Ikan Nila juga dapat menjadi masalah sebagai spesies invasif pada habitat perairan hangat, tetapi sebaliknya pada daerah beriklim sedang ikan nila tidak mampu bertahan hidup di perairan dingin pada suhu di bawah 21°C (Harrysu, 2012).

Ikan nila mempunyai kemampuan tumbuh secara normal pada kisaran suhu 14-38°C dengan suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangannya yaitu 25-30°C. Pada suhu 14°C atau pada suhu tinggi 38°C pertumbuhan ikan akan terganggu. Pada suhu 6° C atau 42° C ikan akan mengalami kematian. Kandungan oksigen yang baik bagi pertumbuhan ikan Nila minimal 4 mg/L, kandungan karbondioksida kurang dari 5 mg/L dengan derajat keasaman (pH) berkisar 5-9

(Khairuman dan Amri, 2013). Menurut Setyo (2016), secara umum nilai pH air pada budidaya ikan nila antara 5 sampai 10 tetapi Nilai pH optimum adalah berkisar 6 sampai 9.

2.1.5 Pakan dan Kebiasaan Makan

Ikan nila memakan pakan alami berupa plankton, perifiton dan tumbuhan-tumbuhan lunak seperti Hydrilla, ganggang sutera dan klekap. Oleh karena itu, ikan nila digolongkan ke dalam omnivora (pemakan segala). Untuk budidaya, ikan nila tumbuh lebih cepat hanya dengan pakan yang mengandung protein sebanyak 20-25% (Suyanto, 2014).

Dari hasil penelitian diketahui kebiasaan makan ikan nila berbeda sesuai tingkat usianya. Benih-benih ikan nila ternyata lebih suka mengkonsumsi zooplankton, seperti rototaria, copepoda dan cladocera. Ikan nila ternyata tidak hanya mengkonsumsi jenis makanan alami, tetapi juga memakan jenis pakan tambahan yang biasa diberikan, seperti dedak halus, tepung bungkil kacang, ampas kelapa dan sebagainya. Kebiasaan lain ikan nila dewasa memiliki kemampuan mengumpulkan makanan di perairan dengan bantuan mucus (lendir) dalam mulut. Makanan tersebut membentuk gumpalan partikel sehingga tidak mudah keluar (Kordi, 2014). Ikan nila aktif mencari makan pada siang hari. Pakan yang disukai ikan nila adalah pakan ikan mengandung banyak protein terutama pakan buatan (pelet).

2.2 Sex Reversal atau Pembalikan Kelamin

Sex reversal atau pembalikan kelamin berperan penting dalam pembudidayaan komoditi perikanan, karena jenis kelamin individu dapat menentukan laju pertumbuhan, ukuran tubuh spesies dan perilaku hidupnya. Untuk mendapatkan jenis kelamin yang dikehendaki, dapat dilakukan

melalui pembalikan kelamin. *Sex reversal* merupakan teknik untuk menjadikan perkembangan kelamin yang seharusnya betina menjadi jantan atau sebaliknya. Teknik ini dilakukan pada saat gonad belum terdiferensiasi secara jelas (Masduki, 2020).

Perubahan jenis kelamin dapat terjadi secara alami dan buatan. Perubahan kelamin secara alami adalah perubahan kelamin yang disebabkan oleh faktor lingkungan dengan susunan genetiknya tidak mengalami perubahan, sedangkan perubahan kelamin buatan merupakan usaha manusia untuk mengarahkan perkembangan organ reproduksi dengan pemberian bahan yang dapat merangsang perubahan tersebut (Khairuman dan Amri, 2013). Perubahan jenis kelamin secara buatan dimungkinkan karena pada fase pertumbuhan gonad belum terjadi diferensiasi seksual, sehingga pembentukan gonad dapat diarahkan dengan hormon steroid sintetis (Yamazaki, 2013).

Sex reversal dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara langsung dengan pemberian hormon dan secara tidak langsung dengan merekayasa kromosom individu (Masduki, 2020). Pemberian hormon dapat dilakukan dengan cara dipping atau perendaman, injection atau penyuntikan dan oral atau dengan melalui pakan pada individu (Ruliaty *et al.*, 2020). Pemberian hormon tidak boleh berlebihan karena dapat menimbulkan tekanan pada pembentukan gonad, efek paradoksial, pertumbuhan rendah dan kematian tinggi (Sower dan Iwamoto, 2014). Agar pengaruh hormon steroid efektif, waktu penggunaannya harus dilakukan ketika gonad belum berdiferensiasi (Yamazaki, 2013).

Pada umumnya dalam kegiatan budidaya perikanan, untuk memproduksi ikan *monosex* jantan dapat dilakukan melalui teknik *sex reversal* dengan hormon steroid (Utomo, 2018). Hormon steroid yang sering digunakan dalam teknologi *sex reversal* adalah hormon sintetis seperti hormon 17α -metiltestosteron, estradiol- 17β dan aromatase inhibitor (Ukhroy, 2018).

Akan tetapi, hormon 17α -metiltestosteron memiliki efek samping karena dapat menyebabkan pencemaran, kerusakan hati pada hewan uji hingga menyebabkan kematian (Djihad, 2015). Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dicari bahan alami yang mengandung hormon steroid yang lebih mudah didapat dan efektif digunakan dalam pembalikan kelamin.

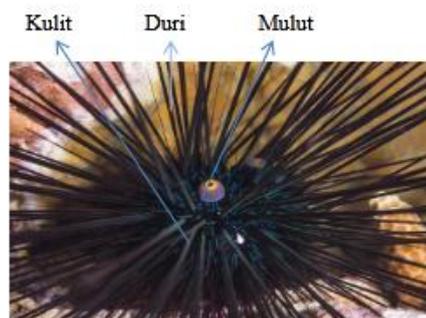
2.3 Bulu Babi (*Diadema setosum*)

2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi Bulu Babi

Klasifikasi menurut (Pratt *et al.*, 2015)

Kingdom	: Animalia
Filum	: Echinodermata
Kelas	: Echinodea
Ordo	: Cidaroidae
Famili	: Diadematidae
Genus	: <i>Diadema</i>
Spesies	: <i>Diadema setosum</i>

Morfologi bulu babi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi bulu babi (*Diadema setosum*)

(Sumber:Shafferforjudge.com)

Bulu babi bergerak dengan kaki tabung yang kecil dan panjang yang muncul dari duri-duri yang menempel pada tubuhnya. Tubuh bulu babi

terdiri dari duri-duri panjang menutup tubuh. Tubuh terbungkus oleh cangkang yang terdiri dari lempengan-lempengan yang menyatu. Mulut bulu babi terletak dibawah dan ditengah-tengah bagian mulut atau gigi merapat jadi satu yang dilekatkan oleh sederetan bagian untuk membentuk struktur yang dinamakan lentera aristotle. Lentera aristotle ini adalah himpunan gigi yang terdapat pada banyak jenis bulu babi. Kaki tabung bersama dengan duri digunakan untuk berjalan dan bulu babi memiliki kelamin yang terpisah (Romimohtarto dan Juwana , 2019).

Bulu babi biasanya berukuran dari 6 sampai 12 cm, ukuran terbesarnya bisa mencapai 36 cm. Semua organ dari bulu babi ini terletak di dalam cangkang. Permukaan cangkangnya terdapat tonjolan-tonjolan bulat dan pendek tempat menempelnya duri. Pangkal duri berlekuk ke dalam yang sesuai dengan tonjolan pada cangkang dan dengan adanya otot penghubung maka duri dapat digerakkan ke segala arah. Sistem anatomi bulu babi terdiri dari sistem respirasi, sistem saraf, sistem pencernaan dan sistem reproduksi. Kelas Echinoidea termasuk organisme yang pertumbuhannya lambat. Umur, warna, ukuran dan pertumbuhan tergantung pada jenis dan lokasi tempat tinggal (Sugiarti, 2015). Bulu babi genus *Diadema*, spesies *Diadema setosum* memiliki tubuh bulat seperti bola dengan cangkang keras tersusun dari zat kapur dan dipenuhi duri-duri. Duri-duri ini bewarna hitam memanjang ke atas dan bagian bawah memendek sebagai alat gerak (Umagap, 2013).

2.3.2 Reproduksi Bulu Babi

Bulu babi adalah organisme dioecious (berumah dua) yaitu organisme yang masing – masing terlihat jelas antara jantan dan betina. Bulu babi memiliki bentuk regular mempunyai 5 lobul gonad. Gonad berukuran besar saat matang dan memanjang dari pusat aboral ke lentera (Jenkins, 2012). Gonad ditutupi oleh lipatan-lipatan epitelium perivisceral dari

bagian inter ambulakral pada separuh apikal rongga tubuh. Setiap lobus gonad memiliki sebuah saluran gonad (*gonad duct*) yang terbuka ke bagian luar melalui sebuah lubang genital (Radjab, 2011). Semua jenis bulu babi sangat unik dalam hal seksnya (*unisexual*). Struktur kelamin jantan dan betina hampir sama, sehingga perbedaan jenis kelamin hampir tak nampak morfologisnya akibat sifatnya dimorfisme (Yamaguchi, 2021). Rasio individu jantan dan betina bulu babi secara umum adalah 1:1 (Aslan, 2015).

Sperma dan telur dilepaskan ke laut, dan fertilisasi terjadi secara eksternal (Radjab, 2011; Jenkins, 2012). Setelah pembuahan, telur akan mengalami proses perkembangan embrio yang diawali oleh pembelahan sel dari 2 hingga 64 sel, dan berlanjut hingga mencapai tahap blastula dan gastrula (Aslan, 2015). Setelah menetas, larva berkembang berbentuk prisma. Tangkai memanjang dan membentuk empat lengan pada larva awal pluteus dengan sepasang lengan antero lateral dan sepasang lengan postero oral. Pada tahap pluteus dengan enam lengan, terbentuk lengan postero dorsal, dan pada tahap pluteus dengan delapan lengan, bagian cangkang, kaki tabung primitif, dan duri terbentuk. Metamorfosis dimulai dengan munculnya primordium bulubabi dan berakhir dengan perkembangan anus dan mulut dengan perubahan dari bentuk pelagik menjadi bentik setelah metamorfosis (Yamaguchi, 2021).

2.3.3 Habitat Bulu Babi

Bulu babi hidup pada ekosistem terumbu karang (zona pertumbuhan alga) dan lamun. Bulu babi dapat ditemui dari daerah intertidal sampai kedalaman 10 m dan merupakan penghuni sejati laut dengan batas toleransi salinitas antara 30 - 34‰ (Aziz, 2015). Bulu babi termasuk hewan benthonic, ditemui di semua laut dan lautan dengan batas kedalaman antara 0-8000 m. Karena Echinoidae memiliki kemampuan beradaptasi dengan air payau lebih rendah dibandingkan invertebrate

lain. Kebanyakan bulu babi hidup pada substrat yang keras, yakni bebatuan atau terumbu karang dan hanya sebagian kecil yang menghuni substrat pasir dan lumpur, karena pada kondisi demikian kaki tabung sulit untuk mendapatkan tempat melekat. Kelompok tersebut khusus hidup pada teluk yang tenang dan perairan yang lebih dalam, sehingga kecil kemungkinan dipengaruhi ombak (Ratna, 2012).

2.3.4 Pakan dan Kebiasaan Makan

Pada bulu babi yang hidup di tempat dangkal, makanan utamanya terdiri dari berbagai jenis algae dan lamun (Sugiarto dan Supardi, 2015). Bulu babi marga *Diadema* menggunakan organ lentera Aristoteles secara aktif untuk memotong dan mengunyah makanannya. Lawrence (2015) menyatakan bulu babi jenis *D. antillarum* dan *D. setosum* memakan lamun, algae coklat, algae benang sebagai makanannya. Dalam pencernaan makanan, bulu babi terdapat semacam kelenjar penghasil enzim, yaitu proteinase, amylase dan lipase yang membantu sistem pencernaan. Absennya enzim selulose diduga digantikan fungsinya oleh aktifitas bakteri lambung (Aziz, 2015).

2.3.5 Biokimia Bulu Babi

Bulu Babi banyak mengandung zat kimia dan zat bioaktif yang bermanfaat. Zat yang ditemukan dalam bulu babi antara lain steroid, triterpenoid, saponin, alkaloid dan flavonoid (Tupan dan Silaban, 2016). Sedangkan kandungan bulu babi disajikan pada Tabel 1.

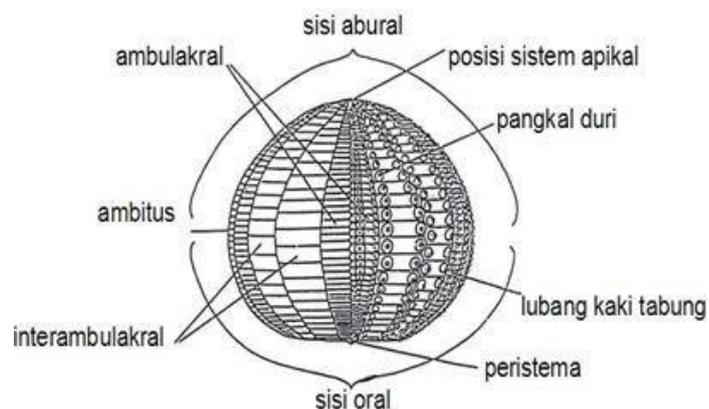
Tabel 1. Komposisi kimia gonad bulu babi

Komposisi kimia	Persentase (%)
Air	73,76
Abu	0,53
Protein	17,69
Lemak	5,81
Karbohidrat	2,11

Sumber : Tupan dan Silaban., (2016)

Bulu babi mengandung kadar protein yang tinggi sebesar 17,69%.

Secara morfologi bentuk umum dari bulu babi disajikan pada gambar 3.

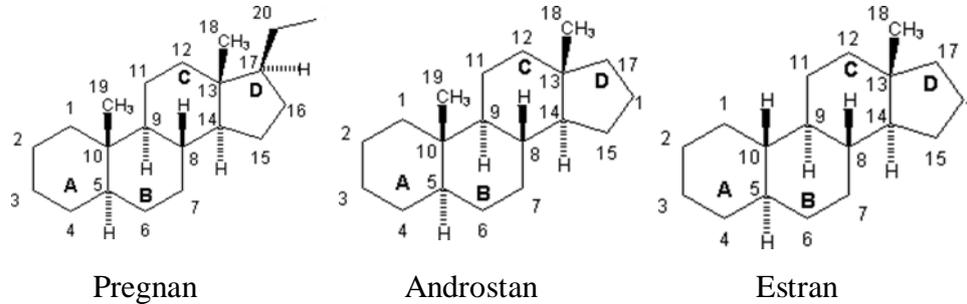


Gambar 3. Bentuk umum bulu babi regularia (Clark dan Rowe, 1971)

Suantika (2017) menyatakan gonad bulu babi mengandung asam amino esensial dan non esensial. Salah satu peran penting asam amino adalah dalam pembentukan hormon androgen jenis testosteron yang berfungsi untuk meningkatkan libido dan pembentukan spermatozoa, serta akan masuk ke dalam darah berfungsi dalam mengatur sifat seksual sekunder. Menurut Utomo (2018) hormon steroid juga dapat dimanfaatkan dalam teknik maskulinisasi.

2.4 Hormon Steroid

2.4.1 Definisi dan Kandungan Hormon Steroid



Gambar 4. Kelompok hormon steroid berdasarkan atom karbonnya (Guyton, 2016).

Hormon steroid merupakan molekul berukuran kecil yang dapat masuk ke dalam sel, namun hanya sel-sel sasaran yang memiliki reseptor khusus yang dapat mengikatnya dan mempengaruhi sintesis protein (Mc Donald, 2020). Umumnya steroid pada hewan dapat dihasilkan dari organ reproduksi seperti testis, ovarium, korteks, dan plasenta (Voet *et al.*, 2015). Gonad bulu babi (*Diadema setosum*) memiliki kandungan bioaktif salah satunya steroid (Akerina *et al.*, 2015).

Hormon memiliki peranan yang sangat penting dalam pengaturan fisiologis, dan umumnya hormon bekerja sebagai aktivator spesifik, serta dapat bekerja dengan baik pada konsentrasi kecil (Robbins, 2016). Hormon steroid mengandung hormon adrenal, androgen, dan estrogen yang dapat larut dalam lemak dan testosteron (Murray *et al.*, 2021).

2.4.2 Hormon Steroid dalam Sex Reversal

Hormon androgen merupakan salah satu golongan steroid. Hormon androgen dihasilkan dari testis dan berfungsi dalam maskulinisasi dan pertahanan tubuh. Jenis hormon androgen yang dihasilkan secara alami

oleh tubuh yaitu testosteron, 11α ketotestosteron dan dihidrotestosteron (Sower dan Iwamoto, 2014). Beberapa fungsi dari hormon androgen diantaranya yaitu menstimulasi proses spermatogenesis tahap akhir, meningkatkan pertumbuhan dan aktifitas ekspresi dari organ kelamin pelengkap, perkembangan kelamin sekunder dan berpengaruh terhadap tingkah laku seksual (Martin, 2019).

Hormon steroid yang diinduksi pada kelompok Crustacea dapat menstimulasi terjadinya peningkatan testosteron, sehingga mengarah pada pembentukan kelamin jantan (Sarida, 2018). Keberhasilan penggunaan hormon steroid dalam *sex reversal* ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan umur ikan, dosis hormon dan waktu pemberian, serta cara pemberian hormon (Arfah *et al*, 2013). Hormon steroid berpengaruh terhadap sintesis protein. Reseptor hormon steroid berada di dalam sel, kemudian hormon yang telah berikatan akan ditransfer ke dalam inti sel untuk melakukan modifikasi terhadap sintesis protein, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan struktur enzim maupun aktifitasnya dan berpengaruh terhadap perubahan fisiologis yang dikehendaki oleh hormon yang bersangkutan (Affandi dan Tang, 2012).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2022. Untuk perlakuan dan pemeliharaan dilaksanakan di gedung MIPA Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, sedangkan pembuatan ekstrak steroid bulu babi (*Diadema setosum*) dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak fiber kapasitas 8 liter untuk aklimatisasi, bak kaca untuk perlakuan dengan kapasitas 5 liter, bak pemeliharaan larva dengan kapasitas 5 liter, blower untuk penyuplai oksigen, selang aerasi sepanjang 2 meter sebanyak 20 buah, selang penyedot kotoran 1 m.

Pengukur kualitas air menggunakan pH meter untuk mengukur derajat keasaman, DO meter untuk mengukur oksigen terlarut, termometer untuk mengukur suhu air, ember plastik untuk menampung air volume 100 liter, skopnet untuk mengambil kotoran yang melayang dipermukaan air, lup untuk melihat kecacatan pada ikan. Beberapa alat untuk pembuatan ekstrak steroid yaitu instrumen refluks, rotary vacuum evaporator, sentrifuge, labu ukur 500 ml, gelas beaker 250 ml, tabung reaksi, pipet tetes.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hewan uji berupa larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berusia kurang dari 14 hari sebanyak

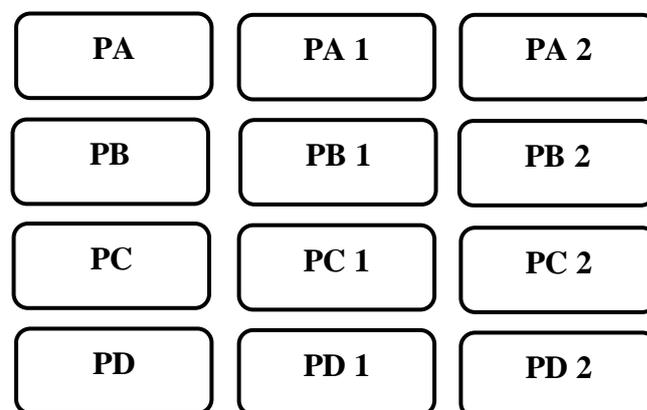
240 ekor, ekstrak steroid dari jeroan bulu babi, pakan ikan nila (Paralytic Shellfish Poisoning/ PSP, Prima Feed 100/PF 100, Prima Feed 500/PF 500). Air media pemeliharaan, metanol, akuades, dan phenol phialin/ indikator pp untuk pembuatan ekstrak bulu babi.

3.3 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dilakukan sebanyak 3 perlakuan percobaan (perendaman menggunakan ekstrak gonad bulu babi konsentrasi 4 mg/L selama 12 jam, 18 jam, dan 24 jam) dengan 1 perlakuan kontrol (tidak dilakukan perendaman menggunakan ekstrak gonad bulu babi), dengan masing- masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Setiap bak pemeliharaan terdiri dari 20 ekor larva ikan nila dengan kepadatan 5 ekor tiap liter. Desain perlakuan tersebut yaitu:

1. PA. Larva ikan nila yang tidak direndam apapun (kontrol).
2. PB. Larva ikan nila yang direndam dengan ekstrak steroid gonad bulu babi 4 mg/L selama 12 jam
3. PC. Larva ikan nila yang direndam dengan ekstrak steroid gonad bulu babi 4 mg/L selama 18 jam
4. PD. Larva ikan nila yang direndam dengan ekstrak steroid gonad bulu babi 4 mg/L selama 24 jam

Tata letak pada penelitian ini disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Tata letak penelitian

Keterangan : P = Pengulangan

PA = (Kontrol), PA 1 = (Kontrol p1), PA 2 = (Kontrol p2)

PB = (12 jam), PB 1 = (12 jam P1), PB 2 = (12 jam P2)

PC = (18 jam), PC 1 = (18 jam P1), PC 2 = (18 jam P2)

PD = (24 jam), PD 1 = (24 jam P1), PD 2 = (24 jam P2)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Wadah Pemeliharaan dan Pengisian Air

Wadah pemeliharaan larva ikan menggunakan bak kaca kapasitas 5 liter. Sebelum digunakan harus dibersihkan menggunakan kaprorit (CaOCL) 10 mg/l, lalu dibilas dengan air steril dan dijemur sampai kering selama 24 jam. Pengisian air dilakukan setelah bak kering. Air yang digunakan merupakan air sumur yang telah ditandon terlebih dahulu selama 3 hari dengan salinitas 0 pp. Pengisian air kedalam bak pemeliharaan dilakukan hingga volume mencapai 3 liter dan diendapkan selama 3 hari.

3.4.2 Pembuatan Ekstrak Steroid Bulu Babi (*Diadema setosum*)

Menurut Akerina *et al* (2015), proses pembuatan ekstrak gonad bulu babi dilakukan dengan cara:

- a. Mengeluarkan dan memisahkan jeroan bulu babi dari cangkang dan durinya lalu menyimpannya dalam freezer bersuhu 40°C untuk pengawetan sementara.
- b. Ekstraksi jeroan bulu babi dilakukan dengan maserasi menggunakan methanol dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:3 (berat/volume), kemudian dilakukan pengocokan dengan menggunakan shaker berkecepatan 180 rpm selama 72 jam
- c. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring whatman no 1
- d. Hasil saringan yang didapat kemudian dievaporasi menggunakan vacuum rotary evaporator pada suhu $37-40^{\circ}\text{C}$
- e. Ekstrak yang terbentuk disimpan pada suhu chiling ($0-4^{\circ}\text{C}$)

3.4.3 Pelaksanaan Penelitian

a. Persiapan dan Aklimatisasi Hewan Uji

Larva ikan yang digunakan berumur kurang dari 14 hari sebanyak 240 ekor. Larva-larva tersebut kemudian diaklimatisasi dalam bak fiber berkapasitas 5 liter selama 3 hari. Tujuan dari aklimatisasi ini adalah agar larva ikan nila dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru sebelum dimulainya penelitian.

b. Seleksi Larva Ikan Nila

Seleksi larva ikan nila dapat dilakukan dengan melihat ciri-ciri morfologinya, seperti panjang tubuh, kelengkapan anggota tubuh dan gerakan tubuh. seleksi larva ikan ini dilakukan sehari sebelum dimasukkan kedalam bak perlakuan.

c. Perlakuan

Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode perendaman. Dalam bak kontrol (PA) diisi larva ikan nila sebanyak 60 ekor tanpa direndam ekstrak gonad bulu babi, dalam bak perlakuan kedua (PB) diisi ikan nila sebanyak 60 ekor dan direndam dalam ekstrak gonad bulu babi 4 mg/L selama 12 jam, dalam bak perlakuan ketiga (PC) diisi ikan nila sebanyak 60 ekor dan direndam dalam ekstrak gonad bulu babi 4 mg/L selama 18 jam, dan dalam bak perlakuan ketiga (PD) diisi ikan nila sebanyak 60 ekor dan direndam dalam ekstrak gonad bulu babi 4 mg/L selama 24 jam.

d. Pemeliharaan Hewan Uji

Setelah direndam dalam bak perlakuan, larva ikan nila tersebut dipindahkan ke dalam bak pemeliharaan dengan jumlah kepadatan 20 ekor perwadah. Pemeliharaan larva ikan nila dilakukan selama 60 hari, dengan diberi pakan berupa Paralytic Shellfish Poisoning/ PSP, Prima Feed 100/PF 100, Prima Feed 500/PF 500 setiap pagi dan sore hari. Selama proses pemeliharaan kualitas air harus selalu dijaga,

untuk itu penggantian air dan pengukuran kualitas air meliputi suhu air, DO dan pH air dilakukan setiap 7 hari sekali.

3.5 Pengambilan Data

3.5.1 Persentase Pembentukan Kelamin

Dalam menentukan persentase kelamin yang terbentuk dapat dilakukan dengan menggunakan lup atau kaca pembesar berdasarkan pada ciri-ciri yang ada yaitu bentuk sirip, warna tubuh, dan tingkat kelincahan renang. Menurut Effendi (1997), persentase pembentukan kelamin dapat dihitung dengan membagi jumlah kelamin yang terbentuk dibagi dengan jumlah total individu hidup dan dikali dengan 100%, dengan perhitungan yaitu:

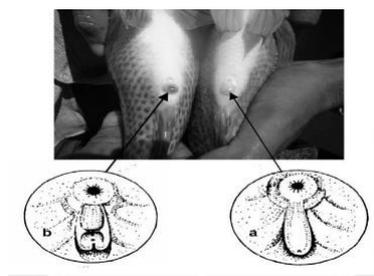
$$J (\%) = \frac{\text{jumlah ikan jantan}}{\text{jumlah sampel ikan}} \times 100\%$$

$$B (\%) = \frac{\text{jumlah ikan betina}}{\text{jumlah sampel ikan}} \times 100\%$$

Keterangan :

J = persentase kelamin jantan (%)

B =Persentase kelamin betina (%)



Gambar 6. (a) Alat kelamin jantan ikan nila terlihat ada tonjolan dan (b) alat kelamin betina ikan nila terlihat ada cekungan (sumber : Anonim, 1998)

3.5.2 Tingkat Kelangsungan Hidup (*Survival Rate*)

Tingkat Kelangsungan hidup yakni variabel yang digunakan untuk mengetahui tingkat ikan uji yang hidup dari awal sampai akhir penelitian. Data SR diambil saat di akhir penelitian. Cara pengambilan sampel yakni dihitung ikan uji yang ada pada tiap wadah pemeliharaan. Setelah itu hitung SR dengan rumus (Effendi, 1997), sebagai berikut:

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan :

SR = kelulus hidupan individu uji

N_t = jumlah individu pada akhir penelitian

N_o = jumlah individu pada awal penelitian

3.5.3 Pengukuran Kualitas Air Pemeliharaan

Pengukuran kualitas air dilakukan setiap 10 hari sekali, pada pukul 16.00, yang meliputi :

- a. pH atau derajat keasaman yang diukur dengan menggunakan pH meter elektrik.
- b. Suhu diukur dengan menggunakan termometer.
- c. Dissolved Oxygen (DO) atau pengukuran kadar oksigen terlarut menggunakan DO meter

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini meliputi persentase ikan berkelamin jantan, betina, kelulushidupan, dan kondisi kualitas air selama pemeliharaan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan software SPSS 16 dengan analisis ragam (*One Way Anova*) . Jika terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf 5% ($\alpha > 0,05$)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Perbedaan lama perendaman dalam larutan ekstrak gonad bulu babi dosis 4 mg/L berpengaruh terhadap pengarahannya jenis kelamin larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Lama perendaman 18 jam merupakan durasi yang efektif dalam pembentukan kelamin jantan sebesar 66%.
2. Pengaruh lama perendaman dalam larutan ekstrak gonad bulu babi dosis 4 mg/L berpengaruh terhadap kelulushidupan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Waktu perendaman 18 jam menunjukkan kelulushidupan ikan nila tertinggi sebesar 83,33%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan larva ikan yang berusia lebih tinggi dengan metode pengarahannya kelamin yang berbeda, seperti pencampuran hormon dalam pakan (oral) untuk mendapatkan jumlah jantan yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh ekstrak gonad bulu babi jenis lain yang ada di Indonesia terhadap maskulinisasi ikan.
3. Perlu dilakukan pengukuran kadar nitrat yang terkandung dalam kualitas air pemeliharaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R., dan U. Tang. 2012. *Fisiologi Hewan Air*. Riau: University Riau Press
- Akerina F.O, Nurhayati T, Suwandy R. 2015. *Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Antibakteri dari Bulu Babi*. *JPHPI* 18(1).
- Arfah H., Soelistyowati DT dan Bulkini A. 2013. Maskulinisasi ikan cupang (*Betta splendens*) Melalui Perendaman Embrio Dalam Ekstrak Purwoceng (*Pimpinella alpine*). *Jurnal Akuakultur Indonesia* 12(2):144-149.
- Aslan L 2015, *Bulu Babi (Manfaat dan Pembudidayaannya)*, (Kendari : Unhalu Press, 2010), hal. 28-31
- Aziz, 2015. Beberapa Catatan Tentang Perikanan Bulu Babi. *Journal of Oseana* 18(2):65-75.
- Bombata, H.A.F., Somatun, A.O., 2008. The effect of lyophilized goat testes meal as first feed on the growth of “wesafu”: an ecotype cichlid of epe-lagoon, in Lagos State, Negeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(5), 686–688.
- Clark, A.M. dan F.W.E. Rowe 1971. *Monograph Of Shallow Water Indo-West Pacific Echinoderms*. London, Trustees of British Museum : 171–210.
- Djarajah, A. S. 2012. *Budidaya Nila Gift Secara Intensif*. Yogyakarta: Kanisius.
- Djihad NA. 2015. Pengaruh lama waktu perendaman induk dalam larutan madu terhadap pengalihan kelamin anak ikan gapi (*Poecilia reticulata*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 4(3):117-125.
- Dunham, R.A., 2014. *Aquaculture and Fisheries Biotechnology: Genetic Approaches*. CABI Publ. Cambridge, USA. 357 P.
- Effendi, M. I. 2004. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Fujaya, Y. 2014. *Fisiologi Ikan*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Guyton AC, Hall JE. 2016. *Textbook of Medical Physiology*. Edisi ke-9. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company.
- Harrysu, 2012. *Budidaya Ikan Nila*. Kanisius: Yogyakarta.
- Harton, Dinas T.S, Asep. 2013. Maskulinisasi ikan cupang (*Betta splendens*) melalui perendaman embrio dalam ekstrak purwoceng (*Pimpinella alpine*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 12(2):144-149.
- Homklin S, Watanodorn T, Ong SK, Limpiyakorn T. 2019. Biodegradation of 17alpha-methyltestosterone and isolation of MT-degrading bacterium from sediment of Nile tilapia masculinization pond. *Water Science and Technology* 59: 261–265.
- Jenkins. 2012. Pertumbuhan populasi bulu babi (*Echinometra mathaei*) di Perairan Pesisir Kima Bajo, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. UNSRAT. Manado. VI-2.
- Khairuman dan Amri K. (2013). *Budidaya Ikan Nila secara Intensif*. PT Agromedia Pustaka. Jakarta Selatan.
- Kordi MGH. 2014. *Jurus Jitu Pengelolaan Tambak Untuk Budidaya Perikanan Ekonomis*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Law, A.T., Wong, Y.H., and Munafi, A.B.A. (2012). Effect of Hydrogen Ion on *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) Egg Hatchability in Brackish Water. *Aquaculture*. 214:247–251.
- Lawrence JM. 2015. On the Relationships between Marine Plants and Sea Urchins. *Oceanografi Marine Biology*. Ann.Rev. I13: 213-286.
- Macintosh DJ dan Litte DC. 2015. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bromage NR dan Ronald JB. Eds. *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science. USA. Pp 277-330.
- Mair, G. C; Abucay, J. S; Beardmore, J. A dan Skibinski, D.O.F. 2015. Growth Performance Trial of Genetically Male Tilapia (GMT) derived from YY Males in *Oreochromis niloticus* L on Station Comparisons with Mixed Sex and Reversed male Population. *Aquaculture* 137 : 313-322
- Manosroi, J.A. 2014. *Histological, Growth and 7-Ethoxyresorufin o-deethylase (erod) Activity Responses of Greenback Flounderrhombosoleatapurina to Contaminated Marine Sediment and Diet*. Aguat Toxicol.

- Martin CR. 2019. *Textbook of endocrine physiology*. Oxford University Press. New York.
- Masduki, E. 2020. *Sex Reversal*. SUPM Negeri Bone. Sulawesi Selatan.
- Meyer, D., Mraco, G., Chan, W., Castillo, C. 2018. *Use of Fresh Bull and Hog Testis in Sex Reversal of Nile Tilapia Fry*. Aquaculture Collaborative Research Support Program United State Agency for International Development (USAID) Honduras
- Murray, C. M., Heintz, M. R., Lonsdorf, E. V., Parr, L. A., dan Santymire, R. M. (2021). Validation of a field technique and characterization of fecal glucocorticoid metabolite analysis in wild chimpanzees (pan troglodytes). *American Journal of Primatology*, 75 (1), 57-64.
- National Research Council (NRC). (2013). *Nutrient Requirement of Warm Water Fishes and Shelfish, Nutritional Academy of Sciences. Washington D.C.* 102p.
- Phelps, RP., Popma, T.J., 2020. *Sex Reversal of Tilapia*. Page 34-59 in B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy. (Eds.) *Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol 2. The World Aquaculture Society, Baton Rounge, Louisiana, United States*.
- Popma, T.J and M. Masser. 2019. *Tilapia : Life History and Biology*. SRAC Publ. No. 283. [Http://Aqpublications.Tamu.Edu/Pubs/Efish/238fs.Pdf](http://Aqpublications.Tamu.Edu/Pubs/Efish/238fs.Pdf).
- Pratt , Voet D, JG Voet and. 2015. *Fundamentals of biochemistry*. John Wiley dan Sons, Inc. USA.
- Priyono, E. 2013. *Maskulinisasi ikan gapi (Poecilia reticulata), melalui perendaman induk bunting dalam larutan madu dengan lama waktu perendaman berbeda*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.
- Puja, I K., Suatha, I K., Heryani, S.S., Susari, N.N. W., Setiasih, N. L.E.,2020. *Embryologi Modern*. Udayana University Press. Denpasar.
- Radjab, Abdul W. (2011). *Reproduksi dan Siklus Bulu Babi (Echinoidea)*. *Oseana*. Hlm. 25-36. Jakarta: LIPI.
- Ratna. 2012. *The Agregation behavior of Diadema (Echinodermata: Echinoidea)*. *Micronesia*. (5) 165-171.

- Robbins, M. M (2016). *Monitoring ovarian cycle activity via progestagens in urine and feces of female mountain gorillas: A comparison of eia and lc-ms measurements*. *A m J Primatol*, 76(2), 180-191.
- Robisalmi, A., Setyawan, P., dan Gunadi, B. (2017). Efek nisbah kelamin jantan dan betina yang berbeda terhadap kinerja pertumbuhan yuwana ikan nila biru, *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864). *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 17(1), 55-65
- Romimohtarto, K dan Sri Juwana. (2019). *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambata.
- Ruey-Sheng, W., S. Yeh., T. Chii-Ruey. and C. Chang. 2019. *Androgen Receptor Roles in Spermatogenesis and Fertility: Lessons from Testicular Cell-Specific Androgen Receptor Knockout Mice*. *Endocr Rev*. 30(2): 119-132.
- Ruliaty, L, M. Mardjono dan R. Prastowo. 2020. *Maskulinisasi Benih Rajungan Dengan Perendaman Hormon 17 α - Metiltestosteron Sebagai Upaya Untuk Peningkatan Produktivitas*. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara, Jepara
- Saparinto, Cahyo dan Susiana R. 2013. *Kiat Sukses Budidaya Ikan Nila*. Lily Publisher : Yogyakarta.
- Sarida, 2018. Efektifitas Ekstrak Steroid Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) dalam Produksi Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) Jantan.. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi II 2008 Universitas Lampung*, 17-18 November 2008. hal. 197-208.
- Setyo, B.P. 2016. *Efek Konsentrasi Kromium dan Salinitas Berbeda Terhadap Efisiensi Pemanfaatan Pakan Untuk Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)*. *Skripsi*: Universitas Diponegoro. Semarang
- Shalaby, AME, Ashraf. AR dan Yassir. A.E.K. 2017. *Sex Reversal of Nile Tilapia Fry Using Different Doses of 17 α -Metyltestosteron at Different Dietary Protein Levels*. *Central Laboratory for Aquaculture Research, Abbassa, Abo-Hammad, Sharkia Governorate, Egypt*.
- Shikov, Alexander N, Olga N. P, Anna S.K, Valery G.M, 2018. *Naphthoquinone pigments from sea urchins: chemistry and pharmacology*. Saint- Petersburg

- Institute of Pharmacy, Leningrad region, Vsevolozhsky District,
Kuzmolovo. 245
- Sower, S.A., and R.N. Iwamoto. 1984. The identification of the sex steroid, testosterone in various commercial salmon diet. *Aquaculture Journal*. 49:11-17.
- Suantika, G. 2017. *Biologi Kelautan*. Universitas Terbuka. Jakarta
- Sucipto, A dan Prihartono (2015). *Pembesaran Nila Merah Bangkok*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sugiarti, 2005. *Avertebrata airjilid 2*. Penebar swadaya. Jakarta. 147-149.
- Sugiarto. 2018. Perbedaan kepadatan bulu babi (Echinoidea) pada ekosistem karang dan lamun di pancuran belakang, Karimunjawa Jepara. *Ejournal Undip.10 No.1*.
- Sukmara. 2017. *Sex Reversal Pada Ikan Gapi (Poecilia reticulata Peters) Secara Perendaman Larva Dalam Larutan Madu 5 ml/L*. Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Susanto G.N, Supono, Ikrom F,D. 2018. Sex reversal of juvenile freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*) influenced by steroid extract of sea cucumber and 17 α -methyltestosterone hormone at different temperatures. *AIP Conference Proceedings 2002, 020027*.
- Susanto G.N, Sutyarso, W Widiyanto. 2021. Monosex male formation of juvenile redclaw crayfish using natural steroid hormone from gamma sea cucumber and different doses of honey bee. *Journal of Physics Conference Series*. 1751 (2021) 012050
- Suyanto, SR. 2014. *Nila*. Jakarta: Swadaya
- Syaifuddin, M., Hadid, Yanal., Amin, M,. 2014. Effect of Salinity for Hatchability Eggs Baung Fish. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2 (1) : 78-92.
- Tupan, J., dan br Silaban, B. 2016. Karakteristik fisik-kimia bulu babi *Diadema setosum* dari beberapa Perairan Pulau Ambon. *Triton*, 13(2), 71-78.
- Ukhroy, 2018. *Efektifitas Penggunaan Propolis Terhadap Nisbah Kelamin Ikan Guppy (Poecilia reticulata)*, *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Umagap Az. wirda, (2013). *Keragaman Spesies Landak Laut (Echinoidea) Filum Echinodermata berdasar morfologi di perairan Dofa Kabupaten Kepulauan Sula. Prosiding Seminar Nasional Biologi VI (hal.634).* Universitas Negeri Makassar.
- Utomo, 2018. *Sex Reversal Memproduksi Benih Ikan Jantan atau Betina.* Penebar Swadaya. Jakarta.
- Vandaraj K dan Pandian T.J. 2020. Production of all female sterile triploid *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture* 84 : 117-123
- Yamaguchi. 2021. *Aquaculture in Tropical Areas.* Midori Sobho. P. 313 – 327.
- Yamazaki, 2013. Sex Control and Manipulation in Fishs, *Aquaculture* 33: 329-354.
- Zairin, 2013. *Endokrinologi dan Perannya Bagi Masa Depan Perikanan Indonesia. Orasi Ilmiah Pengukuhan Guru Besar Tetap Ilmu Fisiologi Reproduksi dan Endokrinologi Hewan Air.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.