

**STRATEGI INOVATIF MANAJEMEN PESISIR DAN LAUT: STUDI
PERKEMBANGAN GONAD CALON INDUK BAWAL BINTANG
(*Trachinotus blochii*) DENGAN PEMBERIAN ESTRADIOL-17 β DAN
FITOBIOTIK *Tribulus terrestris* MELALUI PAKAN**

(Tesis)

Oleh

**AZIZAH
2220041009**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

STRATEGI INOVATIF MANAJEMEN PESISIR DAN LAUT: STUDI PERKEMBANGAN GONAD CALON INDUK BAWAL BINTANG (*Trachinotus blochii*) DENGAN PEMBERIAN ESTRADIOL-17 β DAN FITOBIOTIK *Tribulus terrestris* MELALUI PAKAN

Oleh

AZIZAH

Memahami bagaimana suplementasi estradiol-17 β dan ekstrak *Tribulus terrestris* memengaruhi perkembangan gonad pada ikan bawal bintang dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi manajemen perikanan yang lebih efektif, termasuk dalam konteks perlindungan dan pemeliharaan spesies ikan yang berharga. Penggunaan obat perangsang perkembangan gonad baik secara hormonal maupun herbal di sektor akuakultur telah banyak digunakan, di mana induksi hormonal maupun fitobiotik dapat meningkatkan perkembangan gonad pada ikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi dosis terbaik pada perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina dengan pemberian hormon estradiol-17 β melalui pakan, mengevaluasi perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan dengan pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* (ETT) dan hormon gonadotropin melalui pakan. Penelitian pertama induksi perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina dengan pemberian hormon estradiol-17 β terdiri dari 3 perlakuan (0, 20, 60 mg/kg pakan) dengan 8 ulangan individu. Penelitian kedua induksi perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan dengan pemberian ETT dan hormon gonadotropin terdiri dari 5 perlakuan (T1: ETT 0 mg/kg pakan, T2: ETT 50 mg/kg pakan, T3: ETT 250 mg/kg pakan, T4: ETT 50 mg/kg pakan + hormon gonadotropin 1000 IU/kg tubuh, T5: ETT 250 mg/kg pakan + hormon gonadotropin 500 IU/kg tubuh) dengan 8 ulangan individu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hormon estradiol-17 β pada pakan berpengaruh pada kadar estradiol, perkembangan gonad, fekunditas dan diameter telur calon induk bawal bintang betina dengan dosis terbaik yaitu 20 mg/kg pakan. Hasil penelitian kedua menunjukkan bahwa pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* melalui pakan dapat meningkatkan kinerja reproduksi calon induk bawal bintang jantan melalui pertumbuhan bobot mutlak, kadar testosteron, tingkat kematangan gonad, dan volume sperma dengan dosis terbaik yaitu 250 mg/kg pakan.

Kata kunci: bawal bintang, calon induk, estradiol-17 β , perkembangan gonad, *Tribulus terrestris*

ABSTRACT

INNOVATIVE STRATEGIES IN COASTAL AND MARINE MANAGEMENT: A STUDY ON THE GONADAL DEVELOPMENT IN BROODSTOCK OF SILVER POMPAÑO (*Trachinotus blochii*) WITH SUPPLEMENTATION OF ESTRADIOL-17 β AND PHYTOBIOTIC *Tribulus* *terrestris* ENRICHED FEED

By

AZIZAH

Understanding how supplementation of estradiol-17 β and *Tribulus terrestris* extract affects gonad development in silver pompano fish can serve as a foundation for the development of more effective fisheries management strategies, particularly in the context of protecting and conserving valuable fish species. The use of gonad maturation stimulants, both hormonal and herbal, in the aquaculture sector has been widely used, which hormonal and phyto-biotic induction can enhance gonad maturation in fish. This study aimed to determine the best dosage for developing female silver pompano parent's gonads with estradiol-17 β hormone administered through feed, as well as the development of male silver pompano parent's gonads with *Tribulus terrestris* extract (ETT) and gonadotropin hormone. Initial studies on induction of gonad development in female silver pompano broodstock by administration of the hormone estradiol-17 β consisted of three treatments (0, 20, and 60 mg/kg feed) with eight individual replicates. The second phase of the study aimed to enhance gonad development in male silver pompano broodstock by administering a combination of ETT (*Tribulus terrestris* extract) and gonadotropin hormone. The experiment consisted of five treatment groups (ETT (mg/kg feed)+GtH (IU/kg body weight)): T1 (0 +0), T2 (50+0), T3 (250+0), T4 (50+1000), and T5 (250+ 500), each replicated eight times at the individual level. The study found that adding the estradiol-17 β hormone to feed affected the estradiol level, gonad development, fecundity, and egg diameter in female silver pompano broodstocks. The best dosage was 20 mg/kg feed. The second study demonstrated that administering *Tribulus terrestris* extract via feed can improve the reproductive performance of male candidate silver pompano broodstocks through absolute weight growth, testosterone level, gonad maturation level, and sperm volume, with an optimal dosage of 250 mg/kg feed.

Keywords: broodstock, estradiol-17 β , gonad development, silver pompano, *Tribulus terrestris*

**STRATEGI INOVATIF MANAJEMEN PESISIR DAN LAUT: STUDI
PERKEMBANGAN GONAD CALON INDUK BAWAL BINTANG
(*Trachinotus blochii*) DENGAN PEMBERIAN ESTRADIOL-17 β DAN
FITOBIOTIK *Tribulus terrestris* MELALUI PAKAN**

Oleh

AZIZAH

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

pada

**Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut
Pascasarjana Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis

: STRATEGI INOVATIF MANAJEMEN
PESISIR DAN LAUT: STUDI
PERKEMBANGAN GONAD CALON
INDUK BAWAL BINTANG (*Trachinotus
blochii*) DENGAN PEMBERIAN
ESTRADIOL-17 β DAN FITOBIOTIK
Tribulus terrestris MELALUI PAKAN

Nama

: Aeizah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2220041009

Program Studi

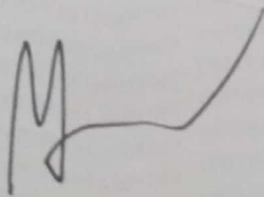
: Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan
Laut

Fakultas

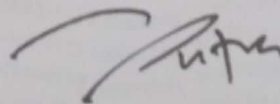
: Pascasarjana Multidisiplin

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

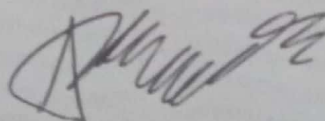


Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19830923 200604 2 001



Dr. Yudha T. Adiputra, S. Pi., M. Si.
NIP. 19780708 200112 1 001

2. Ketua Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut
Universitas Lampung



Dr. Supono, S.PI., M.SI.
NIP. 19701002 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Yudha T. Adiputra, S.Pi., M.Si.

.....

Bukan Pembimbing : Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.

c. 

Anggota : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.

Agus E

2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Mubhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **27 Maret 2024**

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tesis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik magister baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 18 April 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Azizah

NPM. 2220041009

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada 18 Maret 1999 di Kasui sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Bejo dan Ibu Umayah. Penulis memiliki dua adik laki-laki bernama Zakariyah dan Zaini.

Pendidikan sarjana penulis tempuh di Program Studi Budi-
daya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
lulus pada April 2022. Pada Agustus 2022, penulis diterima sebagai mahasiswa
magis-ter Universitas Lampung pada program studi Manajemen Wilayah Pesisir
dan Laut dengan Beasiswa Pascasarjana Universitas Lampung selama tahun 2022-
2024. Tulisan ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister
Sains pada Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Pascasarjana,
Universitas Lampung. Penulis melakukan penelitian yang berjudul “Strategi
Inovatif Manajemen Pesisir dan Laut: Studi Perkembangan Gonad Calon Induk
Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) dengan Pemberian Estradiol-17 β dan Fito-
biotik *Tribulus terrestris* Melalui Pakan” dibawah bimbingan Ibu Munti Sarida,
S.Pi., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si. Hasil
penelitian ini sudah diterbitkan pada Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan
Perikanan dengan judul **Effects of Dietary Supplementation with 17 β -estradiol
on the Steroid Hormone Levels, Gonadosomatic Index, and Gonadal Histo-
logy of Female Silver Pompano (*Trachinotus blochii*) Broodstock** dan Egyptian
Journal of Aquatic Biology and Fisheries (EJABF) dengan judul **Steroid Hor-
mone Profile, Gonadal Histology, and Sperm Quality of Male Silver Pom-
pano (*Trachinotus blochii*) Broodstock Using *Tribulus terrestris* Extract and
Gonadotropin Hormone Enriched Feed** (*under review*).

MOTTO

**Kita bisa merasakan kemudahan jika tahu rasanya kesusahan,
percayalah bahwa Allah akan menunjukkan jalan keluarnya kepada
kita. “Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S. Asy-Syarh:6)**

**“Mohonlah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan sholat”
(Q.S. Al-Baqarah: 45)**

PERSEMBAHAN

Puji syukur hanya kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini.

Dengan kerendahan hati, kupersembahkan tesis ini sebagai tanda bukti dan kasih cintaku yang tulus dan mendalam kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak dan Mama yang selalu memberikan doa, dukungan, nasihat serta upaya demi tercapainya cita-citaku. Kedua adikku, Zakariyah dan Zaini yang selalu memberikan doa dan semangat pada kakakmu ini.

**Keluarga besar Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut,
serta almameter tercinta, Universitas Lampung.**

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Strategi Inovatif Manajemen Pesisir dan Laut: Studi Perkembangan Gonad Calon Induk Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) dengan Pemberian Estradiol-17 β dan Fitobiotik *Tribulus terrestris* Melalui Pakan” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung. Tesis ini dapat diselesaikan dengan bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari semua pihak, mulai dari proses perkuliahan dan bimbingan sampai pada saat penulisan tesis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Pascasarjana, Universitas Lampung;
3. Universitas Lampung Program Pascasarjana atas penyediaan Beasiswa Pascasarjana SK Rektor nomor 3452/UN26/KP/2022 sehingga penulis dapat memperdalam ilmu di Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kemendikbudristek melalui Hibah Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat tahun 2023 skema Tesis Magister nomor 131/E5/PG.02.00.PL/2023 dan nomor 2624/UN26.21/PN/2023 atas nama Munti Sarida yang telah memberikan kesempatan dan bantuan biaya penelitian penulis;
5. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing Utama atas waktu dan bimbingannya mulai dari penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian, hingga penulisan tesis, memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian tesis ini, serta telah memberikan dukungannya selama menempuh studi;

6. Dr. Yudha Trinoegraha Adiputa, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
7. Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc. dan Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. sebagai komisi dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam seminar dan ujian tesis ini;
8. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Bapak Yuwana Puja, S.Pi., M.Ling. dan teknisi KJA BBPBL Lampung atas penyediaan sarana dan prasarana serta bantuannya selama proses pelaksanaan penelitian penulis;
9. Dr. Supono, S.Pi., M. Si. selaku Pembimbing Akademik dan Ketua Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Pascasarjana Universitas Lampung;
10. Dosen-dosen Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, Pascasarjana Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu, bimbingan, arahan, dan motivasi selama mengikuti perkuliahan;
11. Kedua orangtua ayahanda Bejo dan Ibunda Umayah, serta adik-adikku atas do'a, bantuan, dukungan, dan semangatnya;
12. Nadia Marchella Rachma selaku partner penelitian, Bernika Vina Audia, S.Pi. dan Cindi Arina, S.Pi., serta adik-adik tingkat PIK UNILA dan IKL UNIB yang bersedia membantu dalam proses penelitian;
13. Keluarga besar Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut 2022 atas kebersamaannya dalam menempuh studi;
14. Semua pihak secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu selama penyelesaian tesis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat untuk semua pihak.

Bandar Lampung, April 2024

Penulis

Azizah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat.....	5
1.4 Kerangka Pikir.....	5
1.5 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>)	8
2.2 <i>Tribulus terrestris</i> dan Perannya terhadap Reproduksi Ikan.....	9
2.3 Hormon Gonadotropin	13
2.4 Hormon Estradiol-17 β dan Perannya terhadap Reproduksi Ikan.....	14
2.5 Pematangan Gonad pada Ikan	15
2.6 Tingkat Kematangan Gonad.....	17
III. METODE.....	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Rancangan Percobaan	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	21
3.4.1 Ekstraksi <i>Tribulus terrestris</i>	21
3.4.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan	22

3.4.3	Persiapan Ikan Uji dan Aklimatisasi	22
3.4.4	Persiapan Pakan Uji	22
3.4.5	Pemeliharaan Ikan Uji.....	23
3.4.6	Pengambilan Sampel Darah	23
3.4.7	Pengambilan Sampel Gonad	23
3.4.8	Induksi Hormon Gonadotropin	24
3.5	Parameter Penelitian.....	24
3.5.1	Kadar Hormon.....	24
3.5.2	Indeks Kematangan Gonad	25
3.5.3	Histologi Gonad	25
3.5.4	Fekunditas	25
3.5.5	Diameter Telur	25
3.5.6	Kualitas Sperma	26
3.5.7	Pertumbuhan Bobot Mutlak	27
3.6	Analisis Data	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Hasil	28
4.1.1	Kinerja Reproduksi Calon Induk Betina	28
4.1.2	Kinerja Reproduksi Calon Induk Jantan	34
4.2	Pembahasan.....	40
4.2.1	Kinerja Reproduksi Calon Induk Betina	40
4.2.2	Kinerja Reproduksi Calon Induk Jantan	44
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1	Simpulan.....	50
5.2	Saran.....	50
	DAFTAR PUSTAKA.....	53
	LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Fitokimia <i>Tribulus terrestris</i> (fitokimia, prevalensi, dan pengaruhnya)	10
2. Karakteristik tingkat kematangan gonad pada bawal bintang <i>Trachinotus blochii</i> jantan dan betina secara histologi.....	17
3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	19
4. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	20
5. Perkembangan gonad calon induk bawal bintang <i>Trachinotus blochii</i> betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan	30
6. Perkembangan gonad calon induk bawal bintang <i>Trachinotus blochii</i> jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin	38
7. Kualitas sperma calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	6
2. Bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>).....	9
3. Tumbuhan <i>Tribulus terrestris</i>	10
4. Mekanisme kerja <i>Tribulus terrestris</i> dalam mempengaruhi reproduksi.....	12
5. Skema proses vitelogenesis, pematangan akhir pada reproduksi ikan.....	15
6. Perubahan histologi gonad <i>Trachinotus blochii</i> umur 5-7 bulan.....	18
7. Kadar estradiol dalam plasma darah calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	28
8. Kadar estradiol dalam plasma darah calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina dengan kelompok hari pengamatan berbeda....	29
9. Indeks kematangan gonad calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	30
10. Histologi gonad calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	31
11. Fekunditas calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	32
12. Diameter telur calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	33
13. Pertumbuhan bobot mutlak calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) betina yang diberi perlakuan hormon estradiol dengan dosis berbeda melalui pakan.....	33
14. Kadar testosteron plasma darah calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin.....	34
15. Kadar testosteron plasma darah calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan dengan kelompok hari pengamatan berbeda.....	35
16. Indeks kematangan gonad calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin.....	35

Gambar	Halaman
17. Histologi gonad calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin.....	36
18. Volume sperma calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan hasil penelitian.....	39
19. Pertumbuhan bobot mutlak calon induk bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) jantan yang diberi perlakuan ekstrak <i>Tribulus terrestris</i> dan hormon gonadotropin.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Metode pengukuran kadar hormon steroid dalam plasma darah	66
2. Metode pembuatan preparat histologi	68
3. Analisis data	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Budidaya laut (marikultur) di Indonesia adalah aktivitas yang memiliki potensi untuk mengambil peran penting dalam ketahanan pangan sebagai sumber protein dan berkontribusi menjadi sumber mata pencaharian khususnya bagi masyarakat pesisir. Marikultur merupakan usaha perikanan budidaya yang terus dipacu oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) untuk dikembangkan. Melalui program terobosan kampung budi daya, KKP menetapkan berbagai wilayah di tanah air untuk menjadi lokasi fokus pengembangan berbagai komoditas perikanan. Salah satunya melalui kampung bawal bintang. Daerah yang menjadi kampung bawal bintang diantaranya berada di Kampung Keter Kecamatan Teluk Bintan (Nurjali, 2023), Desa Kolo dan Ule, Kota Bima, Nusa Tenggara Barat (NTB) (BBPBL Lombok, 2022).

Bawal bintang *Trachinotus blochii* merupakan salah satu jenis ikan air laut yang potensial untuk dibudidayakan karena mempunyai pertumbuhan yang cepat, mudah dalam pemeliharaannya, dan bernilai ekonomis (Ebeneezar *et al.*, 2020; Prabu *et al.*, 2021; Weirich *et al.*, 2021). Mengingat kandungan gizi yang tinggi dan rasanya yang enak, ikan ini sangat diminati baik pasar lokal maupun internasional seperti di Singapura, Taiwan, Cina dan Hongkong (Tang *et al.*, 2020). Berdasarkan data FAO (2022), produksi global ikan bawal pada tahun 2015 mencapai 110.000 ton meningkat pada tahun 2020 mencapai 160.000 ton. Di Indonesia produksi ikan bawal pada tahun 2017 tercatat produksi ikan bawal mencapai 97.952 ton, tahun 2018 tercatat 301.284 ton, dan pada tahun 2019 tercatat 788.903 ton

(Statistik KKP, 2020). Peningkatan produksi ikan bawal dari tahun ke tahun menunjukkan bahwa prospek budi daya bawal bintang memiliki nilai permintaan yang tinggi serta menguntungkan (FAO, 2022). Namun, terlepas dari kepentingan khusus ikan ini kendalanya pematangan gonad induk diluar musim pemijahan membutuhkan waktu yang cukup lama. Induk bawal bintang baik jantan maupun betina umumnya digunakan dalam pemijahan berumur lebih dari dua tahun dengan bobot >1,5 kg (SNI, 2013). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan status reproduksi dan percepatan waktu pematangan gonad pada induk bawal bintang, yaitu dengan rangsangan hormonal melalui pakan (Delbès *et al.*, 2022).

Mekanisme hormon reproduksi ikan pada musim pemijahan secara umum dikendalikan oleh *brain – hypothalamus – pituitary – gonad* (Servili *et al.*, 2020). Secara alami sinyal dari lingkungan akan merangsang otak dalam mengintegrasikan dan menyampaikan ke *pituitary* untuk melepaskan hormon gonadotropin (GtHs). GtHs mengatur dua aktivitas utama dari gonad; hormon dan produksi sel nutfah (*germcell production*). Pada ikan teleostei, testosteron (T) dan 17 β -estradiol (E₂) adalah hormon steroid (*sex steroid*) yang dominan di dalam plasma selama proses oogenesis, sedangkan T dan 11-ketotestosterone (11-KT) adalah yang berperan selama spermatogenesis pada ikan jantan (Szeliga *et al.*, 2022).

Pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi reproduksi telah banyak dilakukan melalui penggunaan fitosteroid pada hewan budi daya karena mulai terjadi peralihan penggunaan bahan sintetis menjadi bahan-bahan alami (Muslim *et al.*, 2021). Penggunaan hormon sintetis terutama kelompok steroid, membutuhkan biaya yang mahal dan tidak ramah lingkungan karena meninggalkan residu di air dan di dasar kolam (Maulianawati *et al.*, 2021). Penggunaan fitosteroid telah diuji pada ikan untuk peningkatan reproduksi, salah satunya yaitu tribulus (*Tribulus terrestris*).

Tribulus atau rujak polo yang dikenal sebagai tanaman obat tradisional untuk berbagai penyakit, baik berupa seluruh tanaman maupun buahnya. Tanaman ini

kaya akan zat dengan aktivitas biologis potensial seperti steroid glikosida (saponin), protodioscin, glikosida, alkaloid dan flavonoid (Chatre *et al.*, 2014; Saiyed *et al.*, 2016; Shahid *et al.*, 2016; Zhu *et al.*, 2017). Protodioscin berfungsi meningkatkan kadar testosteron, mempercepat proses spermiasi jantan, serta meningkatkan kualitas dan hasil sperma (Mansour *et al.*, 2022). Hassona *et al.* (2020) melaporkan bahwa suplementasi ekstrak *Tribulus terrestris* pada induk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) melalui pakan dengan dosis 500 dan 750 mg/kg pakan dapat meningkatkan pertumbuhan, kualitas sperma, dan performa reproduksi. Pada penelitian lain, penambahan *Tribulus terrestris* pada motilitas sperma ikan rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) dengan dosis 400 µg/L dapat meningkatkan motilitas sperma (Ölçülü *et al.*, 2022). Oleh karena itu, *Tribulus terrestris* potensial dijadikan sebagai fitosteroid pada reproduksi ikan jantan.

Selain penggunaan fitosteroid, pada kegiatan induksi maturasi gonad jantan juga dilakukan dengan memberikan hormon gonadotropin. Penambahan hormon gonadotropin diduga dapat lebih meningkatkan peluang keberhasilan proses perkembangan gonad ikan sejak dari awal tahap reproduksi. Hormon gonadotropin digunakan karena bersifat stabil dan mudah dalam penanganannya. Hormon gonadotropin memiliki kandungan seperti *pregnant mare serum gonadotropin* dan anti-dopamine (PMSG + AD) (Hartami *et al.*, 2022). Ketersediaan *luteinizing hormone* (LH) pada hormon ini meliputi ekstrak murni dari pituitari ikan dewasa pada musim reproduksi yang mengandung jumlah LH yang sangat tinggi.

Perkembangan gonad bawal bintang yang lambat tidak hanya terjadi pada gonad jantan saja, melainkan juga pada gonad betina. Pada betina, induksi hormonal berperan dalam perkembangan gonad dan pematangan akhir oosit. Estrogen yang umum digunakan saat ini yaitu estradiol-17β. Hormon estradiol-17β dapat digunakan untuk diferensiasi kelamin, perkembangan gonad dan dapat meningkatkan pertumbuhan (Hu *et al.*, 2023; Rocha *et al.*, 2023). Estradiol-17β telah banyak diaplikasikan dalam kajian reproduksi dan sex reversal diantaranya sex reversal pada rainbow trout (Voorhees *et al.*, 2023), feminisasi pada *Takifugu rubripes* (Shen *et al.*, 2021), dan peningkatan pertumbuhan *Cynoglossus semilaevis* (Zhang *et al.*,

2022). Pada penelitian lain, pemberian hormon estradiol secara oral terhadap perkembangan gonad calon induk kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dengan dosis 50 µg/kg bobot badan berpengaruh terhadap pertumbuhan (bobot), kandungan hormon estradiol dalam darah ikan dan tingkat perkembangan gonad kerapu bebek (Muzaki *et al.*, 2017).

Berdasarkan penjabaran di atas penambahan fitosteroid *Tribulus terrestris* dan hormon estradiol-17β melalui pakan mampu memberikan hasil yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Saat ini, studi terkait penambahan fitosteroid *T. terrestris* dan hormon estradiol-17β pada bawal bintang belum dikaji. Perlu dilakukan penelitian tentang penambahan fitosteroid *T. terrestris* dan hormon estradiol-17β pada bawal bintang agar dapat menjadi acuan dalam mengkaji sistem reproduksi (perkembangan gonad) bawal bintang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan suplementasi estradiol-17β dan ekstrak *Tribulus terrestris* dalam pemeliharaan ikan bawal bintang dan dapat membuka pintu bagi inovasi dalam budidaya perikanan, yang merupakan aspek penting dari strategi inovatif dalam manajemen pesisir dan laut. Dengan demikian, hal ini dapat menjadi kontribusi untuk strategi manajemen yang berkelanjutan terhadap sumber daya laut.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina dengan pemberian hormon estradiol-17β melalui pakan.
2. Mengevaluasi perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan dengan pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* (ETT) dan hormon gonadotropin melalui pakan.
3. Menentukan dosis terbaik dalam meningkatkan perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina dengan pemberian hormon estradiol-17β melalui pakan.

4. Menentukan dosis terbaik dalam meningkatkan perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan dengan pemberian ETT dan hormon gonadotropin melalui pakan.

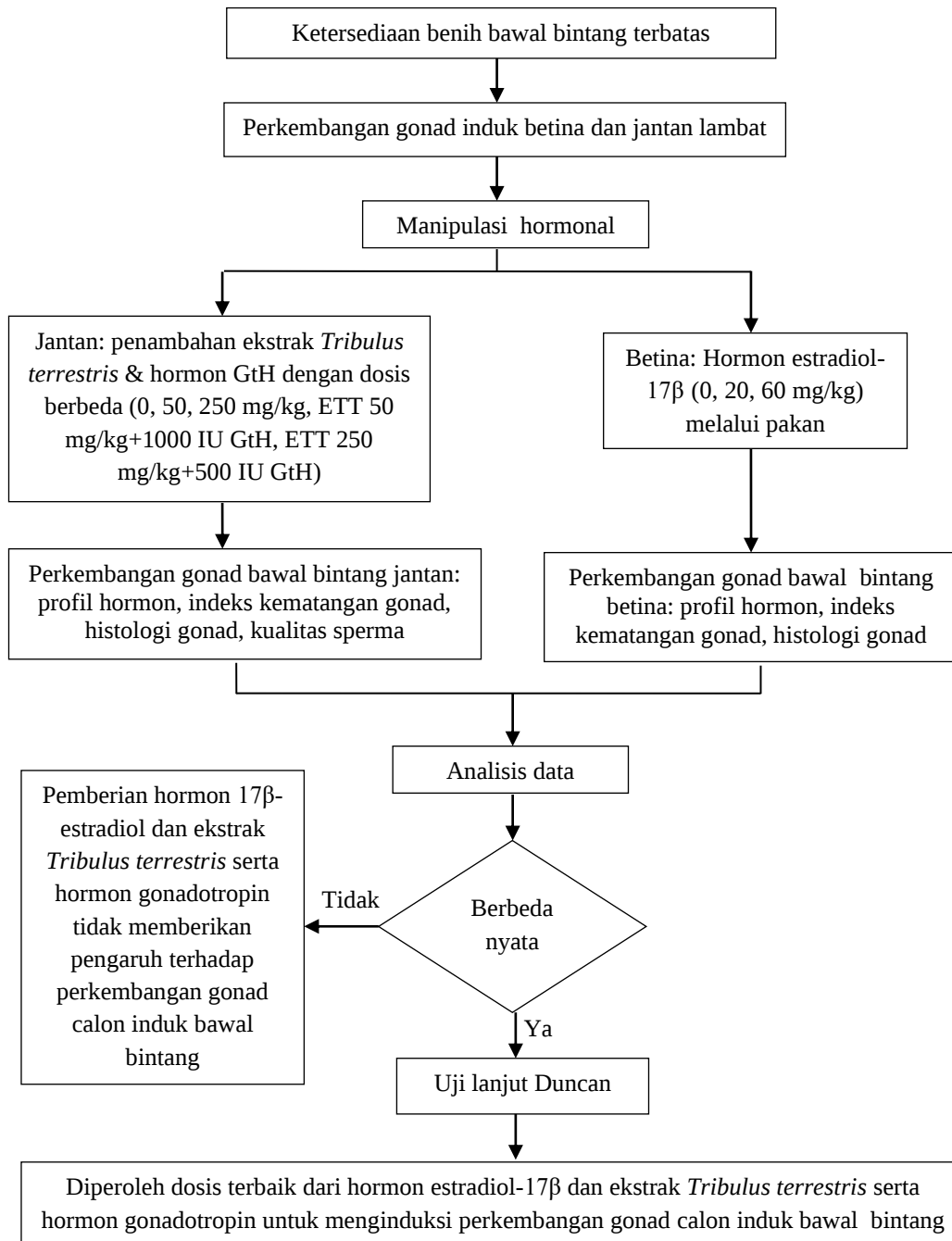
1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi bagi masyarakat mengenai pemanfaatan ekstrak *Tribulus terrestris* dan hormon estradiol-17 β dalam menginduksi perkembangan gonad bawal bintang dan sebagai salah satu teknologi alternatif untuk meningkatkan produksi bawal bintang dalam proses pengembangannya.

1.4 Kerangka Pikir

Kekurangan persediaan benih yang bermutu dalam jumlah dan waktu yang tepat disebabkan belum optimalnya upaya untuk meningkatkan kualitas reproduksi induk agar dapat dipijahkan sepanjang tahun. Aktivitas reproduksi bawal bintang diatur oleh aktivitas hormonal. Ikan yang dibudidayakan cenderung mengalami disfungsi reproduksi, yang disebabkan kondisi media budi daya ikan yang tidak sama dengan kondisi lingkungan alami. Calon induk bawal bintang hasil budi daya menghadapi kendala terutama dalam hal keterlambatan perkembangan gonad baik jantan maupun betina. Ketersediaan induk yang kurang, baik dalam kualitas dan kuantitas, menjadi permasalahan rendahnya produktivitas budi daya bawal bintang. Induksi hormonal diharapkan dapat mengembalikan fungsi fisiologis reproduksi dan meningkatkan ketersediaan calon induk bawal bintang baik jantan dan betina secara kontinyu.

Induksi dengan ekstrak *Tribulus terrestris* dan hormon gonadotropin pada ikan jantan serta hormon estradiol-17 β pada ikan betina diharapkan dapat mempercepat perkembangan gonad calon induk bawal bintang. Dosis yang tepat antara ekstrak *Tribulus terrestris* dan hormon gonadotropin, serta hormon estradiol-17 β dapat memacu perkembangan gonad calon induk bawal bintang. Kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

a. Perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina

H0 : semua $\tau_i = 0$: Pemberian hormon estradiol-17 β tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina.

H1: minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu perlakuan pemberian hormon estradiol-17 β yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina.

b. Perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan

H0 : semua $\tau_i = 0$: Pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* dan hormon gonadotropin tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan.

H1: minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu perlakuan pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* dan hormon gonadotropin yang memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perkembangan gonad calon induk bawal bintang jantan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*)

Bawal bintang pertama kali di introduksi dari negara Taiwan. Ikan ini memiliki prospek yang baik dalam kawasan Asia Pasifik dengan harga yang cukup tinggi. Pada 2007, Balai Perikanan Budidaya Laut Batam berhasil mengembangkan pembenihan bawal bintang. Berikut klasifikasi bawal bintang berdasarkan Froese & Pauly (2024) adalah:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Carangiformes
Famili	: Carangidae
Genus	: <i>Trachinotus</i>
Spesies	: <i>Trachinotus blochii</i>

Bawal bintang merupakan ikan yang termasuk ke dalam kelompok pemakan segala (omnivora) tetapi cenderung pemakan daging (karnivora). Hal tersebut dapat terlihat dari bentuk giginya yang tajam. Ikan ini termasuk ke dalam ikan predator perenang cepat yang pada saat juvenil hidup secara bergerombol, namun setelah besar hidup secara soliter (Dirjen Perikanan Budidaya, 2014). Bawal bintang memiliki tubuh yang gepeng dan ramping dengan ekor bercagak. Tubuh bagian lateral dan ventral berwarna putih keperakan sedangkan bagian dorsal berwarna keabu-abuan (Gambar 2). Permukaan tubuhnya ditutupi oleh sisik kecil bertipe sisir (stenoid) dan memiliki gurat sisi melengkung mengikuti profil punggung (Setiadharmas, 2013). Ikan ini dapat dikatakan matang gonad jika berukuran lebih dari 1

kg dengan panjang lebih dari 25 cm dan berumur sekitar 3 tahun (Handayani *et al.*, 2021).

Menurut Dirjen Perikanan Budidaya (2014), bawal bintang memiliki habitat alami pada air laut murni atau salinitas normal, namun ikan ini juga dapat hidup di perairan payau. Pada saat juvenil, bawal bintang hidup bergerombol di daerah muara sungai dan berkarang namun setelah besar hidup secara soliter di daerah karang maupun laut lepas. Juvenil merupakan fase dimana ikan secara morfologi, fisiologi dan ekologi telah mirip dengan fase dewasa namun belum produktif. Biasanya bawal bintang hidup di daerah terumbu karang, dekat pantai dan bebatuan di perairan tropis. Kualitas air yang optimum untuk pertumbuhan bawal bintang yaitu memiliki kecepatan arus 20-40 cm/detik, suhu 28-32°C, salinitas 29-32 ppt, pH 6,8-8,4, oksigen terlarut 5-7 mg/L, kedalaman 5-15 m, dan tinggi gelombang < 0,5-1 m (Anikuttan *et al.*, 2021; Kalidas *et al.*, 2022; Tang *et al.*, 2020).



Gambar 2. Bawal bintang (*Trachinotus blochii*)

2.2 *Tribulus terrestris* dan Perannya pada Reproduksi Ikan

Tribulus terrestris (nama lokal = rujak polo) umumnya dikenal sebagai Gokshur (Sansekerta), sulur tusukan, tanah (atau kecil), caltrops (Bahasa Inggris), Gokharu (Hindi) (Kumar *et al.*, 2022). *Tribulus* merupakan tumbuhan tropis, tumbuh dan berkembang di dataran rendah sepanjang tahun (sepanjang musim) sebagai tanaman gulma atau tumbuhan liar yang tumbuh setinggi 10-50 cm. Tanaman ini mempunyai kemampuan untuk tumbuh pada tanah tandus, kering, berpasir, hingga berbatu. Tanaman yang berkembangbiak melalui biji dan tumbuh menjalar.

Tanaman ini banyak tumbuh di Cina dan Jepang. Di Indonesia terdapat 2 jenis tribulus, yakni *Tribulus terrestris* dan *Tribulus citoides* (keduanya telah dibudidayakan). *Tribulus terrestris* merupakan tumbuhan luar negeri yang dibawa ke Indonesia, sedangkan *Tribulus citoides* merupakan tanaman asli Indonesia yang dapat dite-mui pada dataran rendah Bali hingga Nusa tenggara (Samanhudi *et al.*, 2018). Tumbuhan *Tribulus terrestris* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tumbuhan *Tribulus Terrestris*. Sumber: USDA Plant Database (2014)

Studi menggunakan analisis *Gas Chromatography-Mass Spectroskopi* (GC-MS) untuk ekstrak *T. terrestris* mengungkapkan bahwa ekstrak tersebut mengandung banyak senyawa, yang sebagian besar telah dikenal memiliki fungsi aktif biologis seperti lavonoid, glikosida flavonol, glikosida steroid, saponin steroid, saponin, furostanol, saponin furosteroid, sapogenin, glikosida furostanol, dan alkaloid (Choudhary *et al.*, 2021). Fitokimia *T. terrestris* (fitokimia, prevalensinya, dan pengaruhnya) disajikan pada Tabel 1.

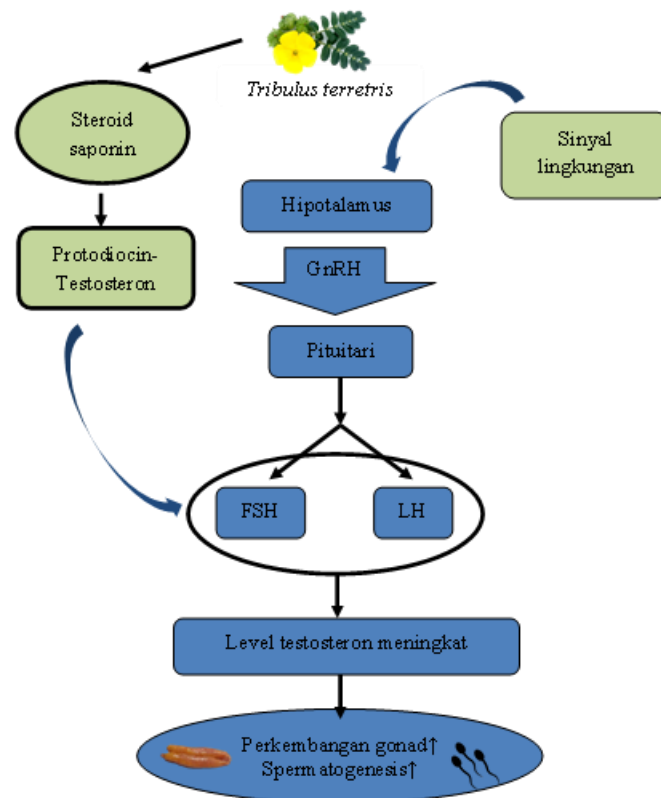
Tabel 1. Fitokimia *Tribulus terrestris* (fitokimia, prevalensi, dan pengaruhnya)

No	Fitokimia <i>Tribulus terrestris</i>	Terdapat di	Pengaruh	Referensi
1	Saponin Furostanol dan Spirostanol (Tigogenin, Klorogenin, Neotigogenin, Neogitogenin, Hecogenin, Neohecogenin, Diosgenin, Gitogenin, Ruscogenin, dan Sarsasapogenin)	Daun	Diuretik Anti-hipertensi, Afrodisiak dan Antidiabetes	Yanala <i>et al.</i> , 2016; Naseri & Khazaei, 2019
2	Flavonoid (Kaempferol, Kaempferol-3-glukosida, dan Tribuloside)	Daun	Analgesik, Afrodisiak dan Anti-diabetes	Ștefănescu <i>et al.</i> , 2020

Tabel 1. Fitokimia *Tribulus terrestris* (fitokimia, prevalensi, dan pengaruhnya)

No	Fitokimia <i>Tribulus terrestris</i>	Terdapat di	Pengaruh	Referensi
3	Alkaloid (β -carboline Alkaloid, Tribulusterine, Terrestribisamide, Tribulusin A, Harmine, Tribulusamide, Harman, Terrestriamide, dan N-trans-coumaroyltyramine.	Daun	Antikanker, Afrodisiak, mencegah penyakit Jantung	Zhu <i>et al.</i> , 2017
4	Saponin Furostanol dan Spirostanol (Klorogenin, Ruscogenin, Gitogenin, Neotigogenin, Hecogenin, Diosgenin, Neohecogenin, dan Sarsasapogenin)	Buah	Diuretik Anticacing, Antispasmodik Afrodisiak, Antioksidan.	Semerdjieva, & Zheljazkov, 2019
5	Flavonoid (Kaempferol-3-glukosida Tribuloside, Kaempferol, dan Kaempferol-3-rutinoside)	Buah	Diuretik Afrodisiak, Antispasmodik Antioksidan	Tian <i>et al.</i> , 2019
6	Alkaloid (Tribulusterine, Tribulusamide, Tribulusin, Harmine, Harmmol, Terrestriamide dan Terrestribisamide,	Buah	Antioksidan Antibakteri dan Afrodisiak.	Kilany <i>et al.</i> , 2020
7	Saponin, Fitosterol, Rutin, Tanin, Protodioscin, Tanin, Arginin, Karbohidrat, Alkaloid β -karbolin dan Tribulusin,	Tangkai	Efek imunomodulator, AntiSpasmodik Antioksidan,	Semerdjieva & Zheljazkov, 2019
8	Akar <i>T. terrestris</i> memiliki sifat gula pereduksi sepenuhnya; Flavonoid, Saponin, Alkaloid, Triterpenoid, Xanthoprotein, dan Senyawa fenolik yang unik adalah fenol 2(5,6-dimthyl pyrazinyl), dan Histidine.	Akar	Afrodisiak, Antibilious, dan Antidiabetes.	Mitra <i>et al.</i> , 2012

Kandungan saponin dalam tribulus dapat meningkatkan kadar hormon testosteron, *luteinizing hormone*, *dehydropiandrosterone* (DHEA), *dihydrotestosterone* (DHT), dan *dehydroepiandro-sterone sulphate* (Ștefănescu *et al.*, 2020). Spermatogenesis dikendalikan oleh sistem saraf pusat dan dapat berjalan normal jika jalur antara hipotalamus-hipofisis-testis membentuk sistem neuroendokrin yang berjalan normal, melalui mekanisme *release* dan *feed back* antara ketiga organ tersebut. Hipotalamus merupakan tempat sintesis *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH) yang melalui sistem re-lease akan merangsang hipofisis untuk mensekresikan *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH) yang akan merangsang testis untuk mensekresikan *inhibin* dan testosteron. *Inhibin* akan berperan sebagai modulator sinyal *feedback* ke hipotalamus untuk menghambat sintesis GnRH yang memproduksi FSH yang berlebihan (Nieschlag *et al.*, 2001). Ilustrasi mekanisme kerja *T. terrestris* dalam mempengaruhi reproduksi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme kerja *Tribulus terrestris* dalam mempengaruhi reproduksi
Sumber: (Nieschlag *et al.* (2001), yang telah dimodifikasi)

Diketahui bahwa hormon testosteron adalah hormon pada testis yang digunakan untuk perkembangan karakteristik seks sekunder pria dan produksi sperma. Selain itu, *T. teresstris* berperan penting dalam proses pembalikan kelamin dan induksi pertumbuhan pada benih nila (Ghosal & Chakraborty, 2020). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada ekstrak *Tribulus terrestris* (Cek *et al.*, 2007) pada ikan chichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*) melalui metode perendaman benih dengan dosis 0; 0,1 g/l ; 0,2 g/l; 0,3 g/l diperoleh hasil persentase tertinggi pada dosis 0,3 g/l yaitu sebesar 87,23%. Penelitian yang pernah dilakukan pada nila menggunakan metode melalui pakan dengan dosis 1 g/kg; 1,5 g/kg dan 2 g/kg pakan diperoleh hasil tertinggi pada dosis 2 g/kg pakan yaitu sebesar 90% (Ghosal *et al.*, 2015) dan di uji coba kembali pada tahun 2017 dan diperoleh sebesar 91,53% (Ghosal *et al.*, 2017). Efek androgenik dari *Tribulus terrestris* adalah berperan utama dalam peningkatan kinerja pertumbuhan dan daya tetas.

2.3 Hormon Gonadotropin

Sistem reproduksi pada ikan diatur oleh poros otak-hipofisa-gonad. Poros ini terdiri atas sirkuit neuroendokrin di otak yang mengatur sintesis dan pelepasan dua hormon gonadotropin di hipofisa, yaitu *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH). Kedua gonadotropin ini mengatur perkembangan dan fungsi dari gonad untuk aktivitas reproduksi (Chi *et al.*, 2015; Zulperi *et al.*, 2015). FSH berperan dalam gametogenesis dan perkembangan gonad, sedangkan LH berperan dalam pematangan gonad dan spermiasi dan ovulasi (Sambroni *et al.* 2013; Zhang *et al.* 2015; Nguyen *et al.* 2019).

Gonadotropin (FSH dan LH) adalah anggota keluarga hormon glikoprotein, terdiri atas subunit- α dan subunit- β (Muslim *et al.*, 2022). Subunit- α merupakan bagian yang umum pada kedua jenis hormon tersebut, dan subunit- β merupakan bagian yang spesifik. Subunit- β memiliki karakter yang unik yang terhubung gugus karboksil dengan terminal peptida (Klausen *et al.*, 2001). Kedua subunit mengikat non-kovalen ke dalam sel gonadotropik, untuk membentuk hormon dimerik yang aktif secara biologis (Zhou *et al.*, 2010). Kedua hormon ini disintesis di kelenjar hipofisa (Horie *et al.* 2014; Molés *et al.*, 2011). Aktivitas kelenjar hipofisa seba-

gian besar dikendalikan oleh sejumlah hormon saraf (neuropeptida, neurotransmitter) yang disintesis oleh populasi saraf tertentu (Zohar *et al.*, 2010).

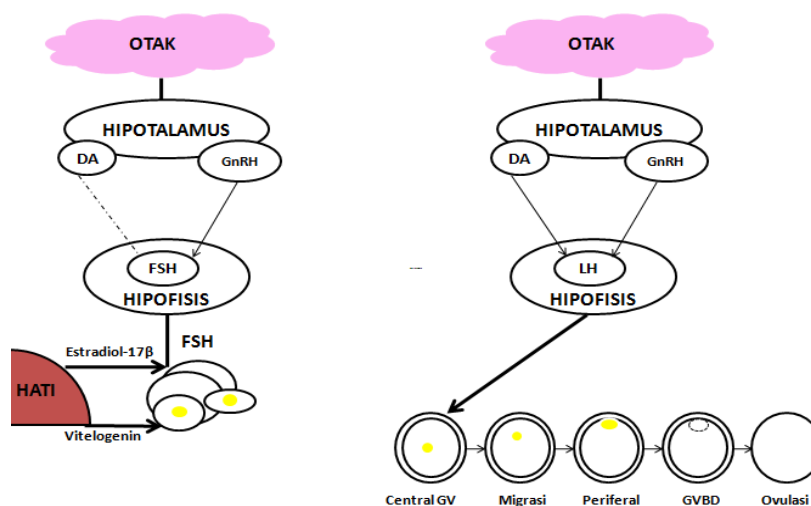
Secara struktural, FSH dan LH ikan berbeda struktur tetapi homolog dengan vertebrata lainnya (Yaron & Levavi-Sivan, 2011). Subunit- α dan - β mengandung inti simpul sistein yang sama, menunjukkan bahwa LH dan FSH termasuk dalam superfamili yang lebih besar dari protein multimerik yang ditandai dengan adanya motif simpul sistein (Levavi-Sivan *et al.*, 2010). Hormon gonadotropin adalah heterodimer yang berukuran antara 30-50 kDa (Levavi-Sivan *et al.*, 2010). FSH dan LH adalah hormon penting dalam pengaturan reproduksi pada vertebrata, termasuk ikan (Yaron & Levavi-Sivan, 2011).

2.4 Hormon Estradiol-17 β dan Perannya pada Reproduksi Ikan

Hormon estradiol-17 β merupakan hormon hasil sintesis dari testosteron yang telah diaromatase oleh bantuan enzim aromatase pada lapisan granulosa. Estradiol-17 β akan merangsang hati untuk mensintesis vitelogenin sebagai bakal kuning telur (Liu *et al.*, 2022). Estradiol-17 β merupakan hormon perangsang biosintesis vitelogenin di hati. Vitelogenin yang disintesis di hati dengan bantuan estradiol disekresikan ke dalam aliran darah dan dibawa menuju ke gonad, kemudian akan diserap oleh lapisan folikel oosit dan terjadi akumulasi yang mengakibatkan oosit tumbuh berkembang sampai mencapai ukuran matang dan diameter maksimum (Subagja *et al.*, 2015). Ilustrasi skema proses vitelogenesis, pematangan akhir pada reproduksi ikan dapat dilihat pada Gambar 5.

Hormon estradiol-17 β umumnya terdapat di induk ikan betina. Hormon estradiol-17 β dapat digunakan untuk diferensiasi kelamin, meningkatkan pertumbuhan, protein vitellogenin, perkembangan gonad, dan plasma steroid ikan (Hu *et al.*, 2023; Rocha *et al.*, 2023; Zarragoitia *et al.*, 2014). Pada proses vitelogenesis, semakin meningkatnya hormon estradiol maka ukuran oosit akan semakin tinggi. Adanya peningkatan konsentrasi estradiol dalam darah akan memacu hati melakukan proses vitelogenesis dan selanjutnya akan mempercepat proses pematangan gonad pada ikan kerapu muara (*Epinephelus coioides*) (Ye *et al.*, 2022). Pemberian estradiol pada ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) dengan kadar

yang tepat berpengaruh pada terjadinya konversi estradiol menjadi vitelogenin pada hati, sehingga proses vitelogenesis bisa berlangsung kontinu dan berlanjut dengan pematangan oosit akhir (Pamungkas *et al.*, 2019). Hormon 17β -estradiol dapat digunakan untuk diferensiasi kelamin, sex reversal, perkembangan gonad dan dapat meningkatkan pertumbuhan (Shen *et al.*, 2021; Voorhees *et al.*, 2023). Hormon 17β -estradiol diketahui dapat juga digunakan untuk mempercepat kematangan gonad calon induk yang ditunjukkan dengan terjadi peningkatan kadar estradiol- 17β dalam plasma darah. Estradiol- 17β telah diaplikasikan pada beberapa kajian reproduksi diantaranya (Cahyono *et al.*, 2019) yang meneliti terkait stimulasi perkembangan gonad ikan belanak (*Mugil dussumieri*) dengan hasil pemberian hormon estradiol 0,07 mg/kg mampu meningkatkan nilai indeks kematangan gonad.



Keterangan: GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone; FSH: Follicle Stimulating Hormone; LH: Luteinizing Hormone; GVBD: Germinal Vesicle Break Down; Da: Dopamin.

Gambar 5. Skema proses vitelogenesis, pematangan akhir pada reproduksi ikan
Sumber: Yaron & Levavi-Sivan (2011)

2.5 Pematangan Gonad pada Ikan

Kematangan gonad adalah tahapan tertentu pada ikan sebelum dan sesudah memijah. Perkembangan gonad ikan dapat diamati secara makroskopis yaitu dengan mengamati rongga perut ikan sedangkan untuk pengamatan mikroskopis yaitu dengan histologi gonad. Selama proses reproduksi, sebagian energi dipakai untuk perkembangan gonad (Fernandez *et al.*, 2012). Bobot gonad ikan akan mencapai

maksimum sesaat ikan akan memijah kemudian akan menurun dengan cepat selama proses pemijahan berlangsung sampai selesai (Asriyana & Halili, 2021). Pertambahan bobot gonad ikan betina pada saat stadium matang gonad dapat mencapai 10-25% dari bobot tubuh. Kumar *et al.* (2021) menyatakan bahwa perkembangan gonad ikan dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap pertumbuhan gonad sampai ikan dewasa kelamin dan tahap pematangan gonad. Tahap pertama yang berlangsung mulai dari ikan menetas hingga mencapai dewasa kelamin dan tahap kedua dimulai setelah ikan mencapai dewasa dan terus berkembang selama fungsi reproduksi masih tetap berjalan normal.

Selama fase reproduksi ikan, perkembangan oosit di dalam ovarium menyebabkan terjadinya peningkatan nilai gonad somatik indeks (GSI), penurunan hepato somatik indeks (HSI), peningkatan fekunditas, dan diameter telur. Perkembangan oosit disebabkan oleh adanya pengalokasian kuning telur di ovarium secara optimal selama proses vitelogenesis yang distimulasi oleh hormon steroid yaitu estradiol 17β (Saputra & Anna, 2023). Gonadosomatik indeks (GSI) merupakan suatu perhitungan persen dari berat tubuh ikan yang dialokasikan untuk material gonad. Seiring perkembangan gonad, gonad akan semakin besar dan matang hingga fase pemijahan. Selama fase pematangan gonad sebagian besar energi yang tersimpan di dalam hati akan dialokasikan ke ovarium untuk proses vitelogenesis. Nilai GSI akan meningkat sebelum memijah dan akan mengalami penurunan setelah memijah (Asriyana & Halili, 2021).

Pertambahan bobot gonad hewan uji menandakan bahwa terjadi perkembangan gonad. Peningkatan bobot gonad berhubungan erat dengan proses spermatogenesis dan oogenesis. Nilai indeks gonad somatik juga dapat dijadikan estimasi untuk kematangan gonad dan pemijahan pada banyak spesies. Indeks gonad somatik akan terus meningkat seiring dengan pematangan gonad ikan dan akan mencapai nilai maksimal ketika periode puncak kematangan gonad (Achmad *et al.*, 2019).

2.6 Tingkat Kematangan Gonad

Kematangan gonad merupakan tahapan dalam perkembangan gonad sebelum dan sesudah memijah. Sebagian energi dipakai untuk perkembangan gonad dalam proses reproduksi. Pencatatan perubahan atau tahap-tahap kematangan gonad diperlukan untuk mengetahui perbandingan ikan-ikan yang akan melakukan reproduksi dan yang tidak. Dari pengetahuan tahap kematangan gonad ini juga akan didapat keterangan apabila ikan itu akan memijah, baru memijah, atau sudah selesai memijah. Mengetahui ukuran ikan untuk pertama kali gonadnya menjadi matang, ada hubungannya dengan pertumbuhan ikan itu sendiri dan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya (Francisco *et al.*, 2019).

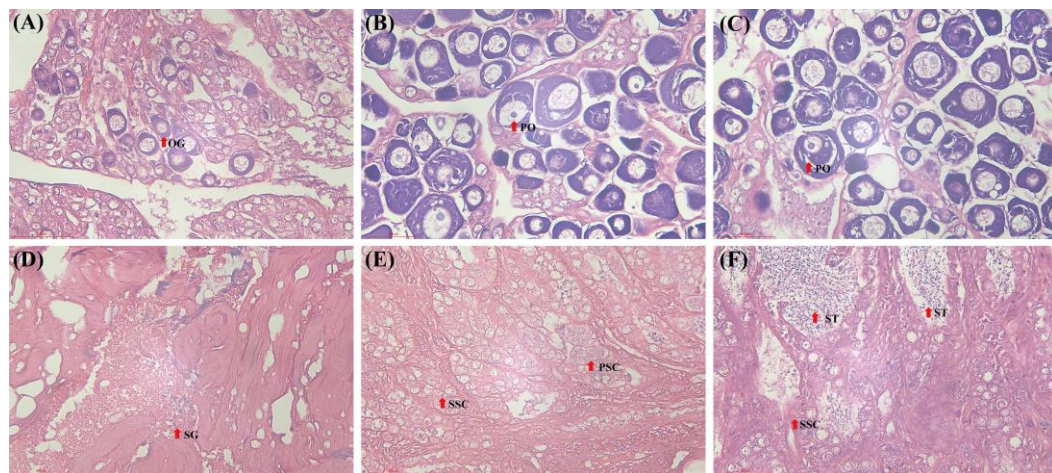
Pengamatan kematangan gonad dilakukan dengan dua cara, pertama cara histologi dilakukan di laboratorium, kedua cara pengamatan morfologi yang dapat dilakukan di laboratorium dan dapat pula dilakukan di lapangan. Pengamatan secara morfologi tidak akan sedetail cara histologi, namun cara morfologi ini banyak dilakukan para peneliti. Dari penelitian histologi akan diketahui anatomi perkembangan gonad yang lebih jelas dan mendetail. Kematangan gonad diamati dengan preparat histologi gonad. Tingkat perkembangan gonad *Trachinotus blochii* secara histologi berdasarkan Sun *et al.* (2022), yaitu TKG I (belum matang), TKG II (pematangan awal), TKG III (matang gonad), TKG IV (pematangan akhir), TKG V (pasca memijah). Deskripsi karakteristik masing-masing tingkat kematangan gonad secara histologis diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik tingkat kematangan gonad pada *Trachinotus blochii* jantan dan betina secara histologi (Sun *et al.*, 2022)

TKG	Histologi gonad	
	Jantan	Betina
I (belum matang)	Spermatogonium melekat di dinding tubulus seminiferous dan sebagian spermatogonium telah berkembang menjadi spermatosit primer.	Hanya terdapat oogonia, oosit primer, kromatin-nukleolus, oosit perinukleolus dan tidak ada atresia.
II (pematangan awal)	Testis lebih berkembang dibandingkan TKG I dan jaringan ikat terlihat makin sedikit. Kantong-	Kemungkinan terdapat oosit, terdapat pertumbuhan primer, dan vitelogenesis awal. Atresia

	kantong tubulus seminiferus berisi spermatosit primer. Selisih ukuran spermatogonium dan spermatosit primer sangat kecil.	(degenerasi oosit) kemungkinan dapat terjadi.
III (matang gonad)	Spermatosit primer berkurang karena sebagian besar telah berkembang menjadi spermatosit sekunder. Spermatid telah terlihat dan letaknya menyebar di dalam tubulus seminiferous.	Terdapat oosit vitellogenik, beberapa dapat terjadi atresia (degenerasi oosit), dan dapat menentukan fekunditas.
IV (pematangan akhir)	Spermatid telah memenuhi tubulus se-miniferous. Terjadi proses sperminogenesis (spermatid berubah menjadi spermatozoa). Pada akhir spermatogenesis spermatozoa dilepaskan pada lumen seminiferous.	Ovulasi (memijah) sekitar 12 jam sebelum atau setelah memijah, oosit terhidrasi, atresia telah muncul, fekunditas tidak tentu, dan oosit kurang berkembang.
V (pasca-memijah)	Terlihat sisa-sisa spermatozoa yang belum dikeluarkan pada saat pemijahan. Bagian tertentu dari tubulus seminiferous terlihat kosong karena sperma telah dikeluarkan.	Terdapat atresia, oosit vitellogenik yang mengalami atresia (degenerasi oosit) sering terjadi, oosit kurang berkembang, dan <i>Postovulatory follicles</i> (POFs) kemungkinan terjadi.

Perubahan histologi gonad *Tracinotus blochii* umur 5-9 bulan secara detail disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan histologi gonad *Tracinotus blochii* umur 5-9 bulan.

Keterangan (A) Ovari 5 bulan; (B) Ovari 7 bulan; (C) Ovari 9 bulan; (D) Testis 5 bulan; (E) Testis 7 bulan; (F) Testis 9 bulan; OG: oogonia; PO: *primary oocytes*; SG: spermatogonia; PSC: *primary sperma-tocytes*; SSC: *secondary spermatocytes*; ST: spermatocytes. Sumber: Sun *et al.* (2022)

III. METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli-Agustus 2023, bertempat di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, Jalan Yos Sudarso, Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Jaring	Wadah pemeliharaan
2	Kontainer	Wadah anestesi
3	Kateter	Kanulasi induk
4	Botol film	Wadah fiksatif sampel
5	Timbangan	Menimbang bobot ikan uji
6	<i>Syringe +needle</i>	Mengambil darah ikan
7	Tabung EDTA	Wadah sampel darah
8	Mikroskop	Mengamati sampel
10	Alat bedah	Membedah ikan
10	Serokan	Mengambil ikan
11	Botol spray	Menyemprot bahan ke pakan
12	<i>Cooler box</i>	Wadah membawa sampel ke tempat analisa
12	Penggaris	Mengukur panjang ikan
12	Alat tulis	Mencatat hasil data
13	Kamera	Mendokumentasikan kegiatan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Calon induk bawal bintang	Ikan uji
2	Hormon gonadotropin	Bahan uji
3	Bubuk tribulus	Bahan uji
4	Pakan pelet Megami GR-10	Pakan calon induk
5	Etanol analis 90%	Bahan ekstraksi
6	Etanol teknis 96%	Bahan uji
7	Akuades	Preparasi sampel
8	Formalin 10%	Fiksatif sampel
9	Larutan EDTA 3%	Larutan antikoagulan
10	Minyak cengkeh	Anestesi

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dalam dua percobaan penelitian secara terpisah. Penelitian pertama merupakan induksi perkembangan gonad bawal bintang betina dengan 17β -estradiol. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dengan ulangan individu sebanyak 8 ekor per perlakuan. Berikut ini adalah perlakuan yang digunakan dalam penelitian:

Perlakuan E₁: 17β -estradiol dosis 0 mg/kg pakan (kontrol)

Perlakuan E₂: 17β -estradiol dosis 20 mg/kg pakan

Perlakuan E₃: 17β -estradiol dosis 60 mg/kg pakan

Penelitian kedua merupakan induksi perkembangan gonad bawal bintang jantan dengan ekstrak *Tribulus terrestris* (ETT) dan hormon gonadotropin menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan ulangan individu sebanyak 8 ekor per perlakuan. Berikut ini adalah perlakuan yang digunakan dalam penelitian:

Perlakuan T₁: ETT 0 mg/kg pakan

Perlakuan T₂: ETT 50 mg/kg pakan

Perlakuan T₃: ETT 250 mg/kg pakan

Perlakuan T₄: ETT 50 mg/kg pakan + hormon gonadotropin 1000 IU/kg bobot tubuh

Perlakuan T₅: ETT 250 mg/kg pakan + hormon gonadotropin 500 IU/kg bobot tubuh

Model rancangan acak lengkap RAL yang digunakan adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} : data pengamatan pengaruh dosis estradiol atau ETT ke-i, ulangan ke-j

μ : nilai tengah umum

τ : pengaruh dosis estradiol atau ETT ke-i

ϵ_{ij} : galat percobaan pada pengaruh dosis estradiol atau ETT pada pakan ke-i dan ulangan ke-j

i : perlakuan dosis estradiol atau ETT ke-i

j : ulangan ke-j

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Ekstraksi *Tribulus terrestris*

Pembuatan ekstrak *Tribulus terrestris* dilakukan dengan menggunakan etanol analis Emsure 96% dan simplisia *Tribulus terrestris* 'Flozindo'. Proses pembuatan ekstrak *Tribulus terrestris* mengacu pada Do *et al.* (2013), dimana prosesnya dengan dicampurkan simplisia *Tribulus terrestris* yang telah diayak dan ditimbang 100 g dengan etanol analis Emsure 96% yang telah diencerkan menjadi 90% sebanyak 1 L atau dengan perbandingan 100:1 (m:V) di dalam erlenmeyer. Kemudian diletakkan di atas *waterbath* dengan teknik maserasi suhu panas 70-80°C dan diaduk selama ± 2 jam hingga tersuspensi. Langkah selanjutnya larutan didinginkan dan disaring dengan kertas saring. Larutan yang telah disaring diekstrak dengan *rotary vacum evaporatory*. Hasil ekstrak yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 29 g dengan bobot simplisia 100 g diperoleh persentase rendemen ekstrak *Tribulus terrestris* yaitu 29%. Setelah itu, ekstrak diletakkan dalam botol gelap yang ditutup menggunakan parafilm yang telah dilubangi dan disimpan di dalam *freezer* dengan suhu -20°C. Ekstrak *Tribulus terrestris* dapat digunakan setelah masa inkubasi minimal 2 hari.

3.4.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan

Wadah pemeliharaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah delapan petak keramba jaring apung berukuran $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$. Sebelum digunakan jaring dibersihkan terlebih dahulu. Setelah itu dipastikan keadaan jaring pada keramba tidak robek dan kuat agar ikan tidak lepas dari jaring pemeliharaan.

3.4.3 Persiapan Ikan Uji dan Aklimatisasi

Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah calon induk bawal bintang betina dengan panjang rata-rata $51,96 \pm 1,96 \text{ cm}$ dan bobot rata-rata $2408,71 \pm 213,38 \text{ g}$, sedangkan jantan memiliki panjang rata-rata $46,53 \pm 2,40 \text{ cm}$ dan bobot rata-rata $1792,88 \pm 286,73 \text{ g}$. Ikan yang digunakan sebanyak 44 ekor calon induk bawal bintang jantan dan 28 ekor bawal bintang betina. Ikan diperoleh dari stok Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung. Sebelum diberikan perlakuan, ikan terlebih dahulu diadaptasikan dengan kondisi lingkungan yang baru selama 7 hari.

3.4.4. Persiapan Pakan Uji

Pakan yang digunakan pada penelitian ini adalah pakan pelet komersil 'Megami GR-10' dengan protein 50%. Cara penambahan hormon estradiol- 17β dalam pakan yaitu bubuk estradiol- 17β produksi Argent Laboratories Inc. (Makaty City, Philippines) ditimbangan sesuai dengan perlakuan. Kemudian, dilarutkan dalam etanol 96% (Vidal-López *et al.*, 2019). Setiap 100 ml larutan estradiol disemprotkan pada 1 kg pakan secara merata, lalu pakan dibiarkan kering udara.

Pencampuran ekstrak *Tribulus terrestris* dilakukan sesuai dosis 50 dan 250 mg/kg dengan etanol 90% dan kemudian dicampurkan gliserin sebanyak 0,50 g/100 ml etanol agar pakan tidak mudah larut dalam air (El-Greisy *et al.*, 2012). Setiap 100 ml larutan ekstrak *Tribulus terrestris* disemprotkan pada 1 kg pakan secara merata, lalu pakan dibiarkan kering udara. Pakan disimpan dalam suhu -20°C dan dipisahkan wadah antar perlakuan, kemudian diberi label.

3.4.5 Pemeliharaan Ikan Uji

Ikan uji dipelihara di keramba jaring apung (KJA) dan diberi perlakuan selama 30 hari. Pemeliharaan calon induk jantan dilakukan pada lima jaring, setiap jaring diisi dengan 8 ekor ikan dan calon induk betina dipelihara pada tiga jaring, setiap jaring diisi dengan 8 ekor ikan. Pemberian pakan pada induk menggunakan metode *restricted* atau dibatasi dengan FR 2% dari bobot induk. Pemberian pakan perlakuan dilakukan sebanyak 2 kali dalam sehari yaitu pada pagi hari pukul 08.00 dan siang hari pukul 14.00.WIB.

3.4.6 Pengambilan Sampel Darah

Ikan yang diambil sampel darahnya, terlebih dahulu dibius dengan menggunakan anestesi. Ikan yang pingsan, darahnya diambil pada bagian pangkal ekor sebanyak 1 ml dengan menggunakan *syringe* 1 ml yang telah dibilas dengan anti koagulan EDTA 10%, kemudian darah dimasukkan ke dalam *microtube* volume 1,5 ml dan disimpan dalam *cool box*. Darah yang telah terkumpul selanjutnya disentrifuse dengan kecepatan 12000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan antara sel darah dengan plasma darah. Plasma darah (*supernatan*) yang diperoleh selanjutnya ditampung kembali dalam *microtube* dan disimpan pada suhu -20°C, yang selanjutnya akan digunakan untuk uji kadar hormon plasma darah.

3.4.7 Pengambilan Sampel Gonad

Pengambilan sampel gonad dilakukan pada awal penelitian dengan mengambil 4 ekor ikan dari ikan stok dan pada akhir penelitian mengambil sebanyak 2 ekor ikan uji pada tiap perlakuan. Sebelum dilakukan proses pembedahan, bobot ikan ditimbang terlebih dahulu, selanjutnya ikan dipingsankan dengan larutan anestesi yaitu minyak cengkeh dengan dosis 5 ppm, kemudian gonad diambil dengan cara dibedah mulai dari lubang anus menuju operkulum. Gonad yang diambil ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan indeks kematangan gonad (IKG). Setelah itu gonad dimasukan pada botol sampel lalu dilakukan pengawetan menggunakan larutan *buffer neutral formalin* (BNF) 10% kemudian setelah 24 jam larutan

tersebut diganti dengan larutan etanol 70%. Selanjutnya, sampel gonad disimpan pada suhu ruang sebelum dikirim ke Laboratorium Kesehatan Ikan IPB untuk pembuatan preparat.

3.4.8 Induksi Hormon Gonadotropin

Hormon gonadotropin yang digunakan pada penelitian ini yaitu hormon *human chorionic gonadotropin* (hCG, laboratorium Argent., Makati City, Philipines). Pengenceran hormon hCG dilakukan dengan melarutkan satu ampul hormon hCG sebanyak 10 g dengan NaCl 0,9% sebanyak 10 ml (El-Danasoury & Sharaf, 2015). Kegiatan induksi hormon gonadotropin ini dilakukan pada hari ke-28 pemberian perlakuan ekstrak *Tribulus terrestris*. Induksi hormon gonadotropin dilakukan dengan menggunakan bawal bintang jantan yang menunjukkan kriteria calon induk yang baik yaitu sehat, tidak cacat, dan tidak terluka pada seluruh badan. Bawal bintang yang telah diseleksi, disuntik menggunakan hormon hCG sesuai dengan dosisnya, masing-masing perlakuan diberikan satu kali. Penyuntikan dilakukan *intramuscular* pada bagian otot di bawah sirip punggung.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Kadar Hormon

Pengukuran kadar estradiol-17 β dan testosteron dalam plasma darah dilakukan pada awal penelitian, hari ke-7, 21, dan akhir masa pemeliharaan. Pengukuran diawal sebelum perlakuan dilakukan pada empat ekor ikan uji, sedangkan pengamatan pada hari ke-7, 21, dan akhir penelitian dilakukan pada dua ekor ikan uji pada tiap perlakuan. Pengukuran kadar hormon testosteron dan estradiol-17 β dalam plasma darah ikan bawal bintang dilakukan dengan menggunakan metode ELISA dengan kit komersil. Pengukuran kadar hormon testosteron dan estradiol pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Agroindustri dan Biomedika LAPTIAB-Produksi Pertanian, Puspitek-Serpong. Metode pengukuran profil hormon dari darah dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.5.2 Indeks Kematangan Gonad

Pengamatan indeks kematangan gonad (IKG) dilakukan diawal dan akhir penelitian. Nilai IKG dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{IKG (\%)} = \frac{\text{Bobot gonad}}{\text{Bobot tubuh induk}} \times 100$$

3.5.3 Histologi Gonad

Histologi gonad dilakukan pada awal dan akhir masa penelitian. Histologi gonad awal sebelum perlakuan diambil dari 4 ekor ikan uji dari stok ikan. Histologi gonad pada akhir penelitian diambil dari 2 ekor ikan uji pada tiap perlakuan. Pengamatan histologi gonad mengacu pada Sun *et al.* (2022). Pembuatan slide preparat histologi pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kesehatan Ikan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor. Metode pengerjaan histologi gonad ikan uji dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.5.4 Fekunditas

Perhitungan fekunditas ikan menggunakan metode volumetri menurut Effendie (2002), sebagai berikut:

$$\text{Fekunditas (butir)} = \text{jumlah telur sampel} \times \frac{\text{bobot gonad total}}{\text{bobot gonad sampel}}$$

3.5.5 Diameter Telur

Sampel telur sebanyak 50 butir diambil dari setiap perlakuan yang diulang sebanyak dua kali. Pengamatan diameter telur ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4×10 dan diukur menggunakan mikrometer.

3.5.6 Kualitas Sperma

Kualitas sperma yang diamati meliputi pengukuran kadar spermatokrit, volume, kepadatan, pH, dan motilitas sperma. Pengamatan tersebut dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengamatan diawal sebelum perlakuan dilakukan pada empat ekor ikan uji, sedangkan pengamatan pada akhir penelitian dilakukan pada dua ekor ikan uji pada setiap perlakuan.

a. Kadar spermatokrit

Penghitungan kadar spermatokrit dilakukan dengan cara sampel cairan semen dimasukkan dalam tabung mikrohematokrit sampai 4/5 bagian. Ujung tabung disumbat dengan *cryotoceal*. Tabung hematokrit di sentrifuse selama 5 menit dengan kecepatan 8000 rpm. Kadar spermatokrit dihitung dengan rumus sebagai berikut (Büyükhatoğlu & Holtz, 1984):

$$\text{Kadar Spermatokrit (\%)} = \frac{x}{y} \times 100$$

Keterangan:

x = padatan cairan semen (cm)

y = total cairan semen (cm)

b. Volume sperma

Sperma ikan dikumpulkan dengan dengan cara teknik *striping* (pengurutan). Sperma yang terkumpul dimasukkan ke dalam *microtube* berskala untuk mengetahui volume dari sperma yang dihasilkan.

c. Kepadatan sperma

Kepadatan sperma diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x10 dengan menggunakan hemasitometer. Pengamatan kepadatan sperma dilakukan pada lima lapang pandang (Büyükhatoğlu & Holtz, 1984; Elisdiana *et al.*, 2015; Sarida *et al.*, 2021). Kepadatan sperma dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan sperma} = x * fp * 2,5.10^5$$

Keterangan:

x = rata-rata jumlah sperma

fp = faktor pengenceran

d. Derajat Keasaman (pH) sperma

pH sperma diukur dengan pH indikator dengan skala 0 hingga 14.

e. Motilitas Sperma

Pengamatan motilitas sperma dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x10. Sperma ikan diletakkan pada gelas objek dan ditetesi air kemudian diamati durasi motilitas sperma hingga sperma tidak motil.

3.5.7 Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pengukuran bobot dilakukan pada awal dan akhir masa pemeliharaan. Pertumbuhan bobot mutlak (PBM) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = W_t - W_0$$

Keterangan:

W = Pertumbuhan bobot mutlak (g)

W_t = Bobot akhir (g)

W₀ = Bobot awal (g)

3.6 Analisis Data

Data parameter kuantitatif yang diamati berupa pertumbuhan bobot mutlak, kadar testosteron, estradiol, indeks kematangan gonad, fekunditas, diameter telur, dan kualitas sperma ditabulasi menggunakan *Microsoft Excel* 2016 dan dianalisis secara statistik dengan analisis sidik ragam (anova). Apabila berbeda nyata akan diuji lanjut menggunakan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 90%. Selanjutnya, data kualitatif berupa histologi gonad dianalisis secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penambahan hormon estradiol-17 β pada pakan berpengaruh pada kadar estradiol, perkembangan gonad, fekunditas dan diameter telur calon induk bawal bintang betina.
2. Pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* melalui pakan dapat meningkatkan kinerja reproduksi calon induk bawal bintang jantan melalui pertumbuhan bobot mutlak, kadar testosteron, tingkat kematangan gonad, dan volume sperma.
3. Penambahan hormon estradiol-17 β melalui pakan dengan dosis 20 mg/kg pakan menghasilkan nilai fekunditas dan diameter telur tertinggi pada induk bawal bawal betina.
4. Ekstrak *Tribulus terrestris* yang diberikan melalui pakan selama 30 hari dapat meningkatkan pertumbuhan bobot mutlak dan volume semen calon induk bawal bintang jantan dengan dosis terbaik yaitu 250 mg/kg pakan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Hormon estradiol-17 β dosis 20 mg/kg pakan dapat digunakan untuk mempercepat perkembangan gonad calon induk bawal bintang betina dengan pertimbangan mampu meningkatkan kadar estradiol, fekunditas dan diameter telur.

2. Pemberian ekstrak *Tribulus terrestris* melalui pakan dapat menjadi alternatif menggantikan hormon sintesis untuk induksi perkembangan gonad calon induk bawah bintang jantan. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menguji mekanisme kerja ekstrak *Tribulus terrestris* sebagai fitosteroid, pengujian terhadap kemampuan sperma ikan perlakuan dalam pembuahan telur, serta efektivitas penggunaan ekstrak *Tribulus terrestris* pada spesies ikan laut lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abinawanto, A., Lestari, S., Bowolaksono, A., Dwiranti, A., Lestari, R., Gustiano, R., & Kristanto, A. H. 2023. The effect of different honey concentrations on the ultrastructure profile of spermatozoa in Dewa Mahseer (*Neolissochilus soro*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 24(2): 1025-1031
- Achmad, D. S., Ali, S. A., & Indar, Y. N. 2019. The gonad maturity development and spawning season of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) at Kwandang Bay, Gorontalo Province, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 12(2): 642-649.
- Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. A. 2022. Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 106(3): 690-719.
- Akbari, N. E., Gorouhi, D., & Falahatkar, B. 2023. Efficacy of sGnRH α in combination with domperidone on the sperm quality, seminal fluid metabolites, and fertilization ability of spermatozoa in Caspian Kutum, *Rutilus frisii*. *Aquaculture International*. 1: 1-16.
- Anikuttan, K. K., Jayakumar, R., Suresh Babu, P. P., Nazar, A. A., Tamilmani, G., Sakthivel, M., Ramesh, K. P., Sankar, M., Krishnaveni, N., Thomas, T., & Imelda, J. 2021. Assessment of compensatory growth in stunted fingerlings of Snubnose pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801), in marine conditions. *Aquaculture Research*. 52(1): 403-409.
- Arafat, M. Y., & Bakhtiyar, Y. 2022. Reproductive pattern and maturity phases of indigenous Kunar snowtrout *Schizothorax labiatus* inhabiting Vishav Stream in Kashmir Himalaya, India. *Environmental Biology of Fishes*. 105(2): 247-260.
- Asriyana, A., & Halili, H. 2021. Reproductive traits and spawning activity of striped eel catfish (Plotosidae) in Kolono Bay, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(7): 3020-3028.
- Aydin, İ., Öztürk, R. Ç., Polat, H., Beken, A. T., Terzi, Y., Özel, O. T., Erbay, E. A., Düzgüneş, Z. D., Altuntaş, A., & Küçük, E. 2022. Sperm characteristics of wild-caught and hatchery-reared turbot, *Scophthalmus maximus*, originated from the Black Sea. *Journal of Applied Ichthyology*. 38(1): 73-83.

- Bagchi, D., Swaroop, A., Maheshwari, A., Verma, N., Tiwari, K., Bagchi, M., Preuss, H.G., & Kumar, P. 2017. A novel protodioscin-enriched fenugreek seed extract (*Trigonella foenum-graecum*, family Fabaceae) improves free testosterone level and sperm profile in healthy volunteers. *Functional Foods in Health and Disease*. 7(4): 235-245.
- Banh, Q. Q., Guppy, J. L., Domingos, J. A., Budd, A. M., Pinto, R. C., Marc, A. F., & Jerry, D. R. 2021. Induction of precocious females in the protandrous barramundi (*Lates calcarifer*) through implants containing 17 β -estradiol-effects on gonadal morphology, gene expression and DNA methylation of key sex genes. *Aquaculture*. 539: 736601.
- Büyükhatoğlu, S., & Holtz, W. 1984. Sperm output in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)-effect of age, timing and frequency of stripping and presence of females. *Aquaculture*. 37(1): 63-71.
- Cahyono, T. D. 2019. *Stimulasi Pematangan Gonad Ikan Belanak (Mugil dussumieri) Menggunakan Hormon MT, E2, HCG dan Ovaprim*. Disertasi. Bogor Agricultural University (IPB). Bogor.
- Cek, S., Turan, F. & Atik, E. 2007. Masculinization of convict chichlid (*Chiclosoma nigrofasciatum*) by immersion in *Tribulus terrestris* extract. *Journal of the European Aquaculture Society*. 15:109-119.
- Chen, H., Bi, B., Kong, L., Rong, H., Su, Y., & Hu, Q. 2021. Seasonal changes in plasma hormones, sex-related genes transcription in brain, liver and ovary during gonadal development in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fishes*. 6(4): 62.
- Chi, M.L., Ni, M., Li, J.F., He, F., Qian, K., Zhang, P., Chai, S. H., & Wen, H.S. 2015. Molecular cloning and characterization of gonadotropin subunits (GTH α , FSH β , and LH β) and their regulation by hCG and GnRH α in Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) in vivo. *Fish Physiology Biochemical*. 41(3):587–601.
- Choudhary, S., Kaurav, H., & Chaudhary, G. 2021. Gokhru (*Tribulus terrestris* and *Pedaliump murex*): medicinal importance of chota gokhru and bada gokhru in ayurveda and modern science. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 1: 6-13.
- Ciji, A., Sharma, P., Rajesh, M., Kamalam, B. S., Sharma, A., Dash, P., & Akhtar, M. S. 2021. Intra-annual changes in reproductive indices of male and female Himalayan snow trout, *Schizothorax richardsonii* (Gray, 1832). *Aquaculture Research*. 52(1): 130-141.
- Delbès, G., Blázquez, M., Fernandino, J. I., Grigorova, P., Hales, B. F., Metcalfe, C., Navarro-Martín, L., Parent, L., Robaire, B., Rwigemera, A., Kraak, G. V. D., & Marlatt, V. 2022. Effects of endocrine disrupting chemicals on gonad

- development: mechanistic insights from fish and mammals. *Environmental Research*. 204: 112040.
- Dhas, S. A., Selvaraj, T., Citarasu, T., Punitha, S. M. J., & Babu, M. M. 2015: Effect of supplemented diet with maturation plant extract on reproductive performance of *Etroplus suratensis*. *Aquaculture Reports*. 2: 58–62.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2014. *Pembesaran Ikan Bawal Bintang di Keramba Jaring Apung (KJA)*. Jakarta. Direktorat Usaha Budidaya. hal 2.
- Do, J., Choi, S., Choi, J., & Hyun, J. S. 2013. Effects and mechanism of action of a *Tribulus terrestris* extract on penile erection. *Korean Journal of Urology*. 54(3): 183-188.
- Dziewulska, K., Rzemieniecki, A., & Domagała, J. 2008. Basic physico-chemical parameters of milt from sea trout (*Salmo trutta* m. *trutta*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Ichthyology*. 24(4): 497-502.
- Ebeneezar, S., Vijayagopal, P., Srivastava, P. P., Gupta, S., Varghese, T., Prabu, D. L., & Wilson, L. 2020. Optimum dietary methionine requirement of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801). *Animal Feed Science and Technology*. 268: 114592.
- Effendie, M.I. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Bogor.
- El-Danasoury, M., & Sharaf, S. 2015. Hormonal induced spawning of marine sea bass *Dicentrarchus labrax* L. *Journal of Animal, Poultry & Fish Production*. 3(1): 1-5.
- El-Greisy, Z. A., & El-Gamal, A. E. 2012. Monosex production of tilapia, *Oreochromis niloticus* using different doses of 17 α -methyltestosterone with respect to the degree of sex stability after one year of treatment. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 38(1): 59-66.
- Elisdiana Y, & Soelistyowati D. T.. 2015. Induksi pematangan gonad ikan patin siam *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) jantan dengan pemberian ekstrak cabe jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) melalui pakan. *Jurnal Ikhtiologi Indonesia*. 16 (1) : 35-44.
- El-Kady, M. A., Hussein, M. S., Abd-Elghany, M. F., & Mabrouk, M. M. 2022. Effect of adding *Tribulus terrestris* extract to the diets of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* larvae on sex ratio and growth performance. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*. 47(1): 123-132.
- FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

- Falahatkar, B., Nargesi, E. A., Efatpanah, I., & Żarski, D. 2022. The effectiveness of *human chorionic gonadotropin* in stimulation of second spermiation in pikeperch *Sander lucioperca* during the spawning season. *Animal Reproduction Science*. 245: 107055.
- Fernandez AA, Rey SR. 2012. Relationship between energy allocation and reproductive strategy in *Trisopterus luscus*. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 416:8-16.
- Francisco, G.A., Aparecida, A.N., Iracema, D.G., Armando, S., Beatriz, A.C.O. 2019. Gonadal development and reproductive period of the characin *Astyanax* aff. *bimaculatus* (Characiformes: Characidae) in a tropical reservoir in southeastern Brazil. *Zoologia*. 36: 1-14.
- Froese, R., & Pauly, D. 2024. FishBase. *Trachinotus blochii* (Lacepède, 1801). <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=151169>. Diakses pada 29 Maret 2024.
- Fujimoto, T., Kaneyasu, T., Endoh, M., Kogame, Y., Nynca, J., Ciereszko, A., Takahashi, E., Yamaha, E., Naruse, K., & Arai, K. 2022. Cryopreservation of masu salmon sperm using glucose-methanol extender and seminal plasma biomarkers related to post-thaw sperm motility. *Aquaculture*. 557: 738305.
- Gamblin, A. P., & Morgan-Smith, R. K. 2020. The characteristics of seminal fluid and the forensic tests available to identify it. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*. 2(3): e1363.
- Ghosal, I., & Chakraborty, S. B. 2020. Production of monosex all-male nile tilapia using ethanol extract of *Tribulus terrestris* seeds. *Proceedings of the Zoological Society*. 73(2): 188-191.
- Ghosal, I., Mukherjee, D., Hancz, C. & Chakraborty, S.B. 2015. Efficacy of *Basella alba* and *Tribulus terrestris* extracts for production of monosex nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5:152-158.
- Gopakumar, G., Nazar, A. A., Jayakumar, R., Tamilmani, G., Kalidas, C., Sakthivel, M., Rameshkumar, P., Rao, G. H., Premjothi, R., Balamurugan, V., Ramkumar, B., Jayasingh, M., & Rao, G. S. 2012. Broodstock development through regulation of photoperiod and controlled breeding of silver pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801) in India. *Indian Journal of Fisheries*. 59(1): 53-57.
- Handayani, P., Akhrianti, I., & Putro, D. H. 2021. Teknik pensortiran benih ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung. *Aquatic Science*. 3(1): 20-24.

- Handrianto, R., Razai, T. S., & Putra, W. K. A. 2017. Pengaruh hormon *human chorionic gonadotropin* HCG dan *pregnant mare serum gonadotropin* PMSG terhadap pematangan gonad ikan bawal bintang *Trachinotus blochii*. *Intek Akuakultur*. 1(2): 16-22.
- Hartami, P., Mahdaliana, & Ayuzar, E. 2022. Production of *Clarias gariepinus* seeds through accelerated female broodstock rematuration. *Depik*. 11 (1): 34-41.
- Hassona, N. N., Zayed, M. M., Eltras, W. F., & Mohamed, R. A. 2020. Dietary supplementation of *Tribulus terrestris* extract improves growth and reproductive performances of the male Nile tilapia (*O. niloticus*). *Aquaculture Research*. 51(10): 4245-4254.
- Honji, R. M., Araújo, B. C., Caneppele, D., Nostro, F. L. L., & Moreira, R. G. 2022. Dynamics of ovarian maturation during the annual reproductive cycle of the endangered fish *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) in captivity. *Journal of Fish Biology*. 101(1): 55-68.
- Horie, Y., Shimizu, A., Adachi, S., & Kobayashi, T. 2014. Expression and localization of gonadotropic hormone subunits (Gpa, Fshb, and Lhb) in the pituitary during gonadal differentiation in medaka. *General Comparative Endocrinology*. 204:173–180.
- Hua, D., Li, X., Yuan, J., Tao, M., Zhang, K., Zheng, X., Wan, Y., Gui, L., Zhang, Y., & Wu, Q. 2023. Fitness cost of spinosad resistance related to vitellogenin in *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science*. 79(2): 771-780.
- Hu, P., Liu, S., Liu, X., Liu, H., Liu, S., & Zhuang, Z. 2023. The adverse effects of 17 β -estradiol immersion during gonadal differentiation on ovarian development of female *Takifugu rubripes*. *Frontiers in Marine Science*. 10: 1131041.
- Kalidas, C., Ramesh Kumar, P., Linga Prabu, D., Tamilmani, G., Anbarasu, M., Rajendran, P., & Thiagu, R. 2022. Optimizing stocking density for grow-out culture of silver pompano *Trachinotus blochii* (Lacépède, 1801) in marine floating cages. *Journal of Applied Aquaculture*. 34(1): 223-233.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2020. Statistik Produksi Perikanan. Diakses dari: <https://statistik.kkp.go.id/>. Diakses 11 Januari 2024.
- Kilany, O.E., Abdou, R.H., El-Beltagy, M.A., & Mohammad, H.M. 2020. Protective effects of *Tribulus terrestris* against gentamicin mediated nephrotoxicity, oxidative damage and apoptosis in male rats. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, B. Zoology*. 12(1): 41-58.

- Klausen, C., Chang, J.P., & Habibi, H.R. 2001. The effect of gonadotropin releasing hormone on growth hormone and gonadotropin subunit gene expression in the pituitary of goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 129:511–516.
- Knowles, J., Boryshpolets, S., Kholodnyy, V., Rahi, D., Vysloužil, J., Muselík, J., Stejskal, V., Kouřil, J., & Podhorec, P. 2022. Effects of gonadotropin-releasing hormone agonist administered in microparticles on sperm quality and quantity, and plasma sex steroid levels in northern pike. *Animal*. 16(1): 100430.
- Kumar, S., Singh, A. K., & Manhas, E. 2022. A systematic medico historical review of gokshura (*Tribulus terrestris* L.): a traditional Indian medicine. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 10-23.
- Kumar, P., Behera, P., Christina, L., & Kailasam, M. 2021. Sex hormones and their role in gonad development and reproductive cycle of fishes. *Recent updates in molecular Endocrinology and Reproductive Physiology of Fish: An Imperative step in Aquaculture*. 1-22.
- Levavi-Sivan, B., Bogerd, J., Mañanós, E. L., Gómez, A., & Lareyre, J. J. 2010. Perspectives on fish gonadotropins and their receptors. *General and Comparative Endocrinology*. 165(3): 412–437.
- Li, W., Xiong, Y., Wang, Z., Zhang, Q., Shen, X., Liu, Q., Pang, H., & Wang, X. 2023. Effects of different photoperiod conditions on survival, growth, and gonadal development of *Takifugu rubripes* adults. *Aquaculture*. 564: 739048.
- Li, Y., Yang, H., Li, Z., Li, S., & Li, J. 2023. Advances in the biosynthesis and molecular evolution of steroidal saponins in plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(3): 2620.
- Liu, L., Zhao, S., Zhang, Y., Wang, M., Lü, Z., Gong, L., Liu, B., Dong, Y., & Xu, Z. 2022. Identification of vitellogenin 1 potentially related to reproduction in the cephalopod, *Sepiella japonica*. *Journal of Shellfish Research*. 41(2): 235-241.
- Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Omar, E. A., El-Beltagi, H. S., Srour, T. M., & Yousef, M. I. 2022. Ginseng, tribulus extracts and pollen grains supplementation improves sexual state, testes redox status, and testicular histology in Nile tilapia males. *Antioxidants*. 11(5): 875.
- Marc, A. F., Guppy, J. L., Bauer, P., Mulvey, P., Jerry, D. R., & Paris, D. B. 2021. Validation of advanced tools to evaluate sperm function in barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*. 531: 735802.
- Maulianawati, D., Awaludin, A., & Rachmawati, M. 2021. Pengembangan budidaya ikan lele dan nila melalui penerapan teknologi modifikasi pakan

- dengan ekstrak daun katuk, pemijahan buatan, dan sex reversal di Kelurahan Karang Harapan Kota Tarakan Kalimantan Utara. *Indonesian Collaboration Journal of Community Services*. 1(4): 254-261.
- Merino, O., Risopatrón, J., Valdebenito, I., Figueroa, E., & Farías, J. G. 2023. Effect of the temperature of activation medium on fish sperm quality: impact on fertilization in vitro in aquaculture practice. *Reviews in Aquaculture*. 15(2): 434-451.
- Mitra, N., Mohammad-Mehdi, D., & Reza, Z.M. 2012. *Tribulus terrestris* L.(Zygophyllaceae) flavonoid compounds. *International Journal Modern Botany*. 2:35-39.
- Mobley, K. B., Aykanat, T., Czorlich, Y., House, A., Kurko, J., Miettinen, A., Moustakas-Verho, J., Salgado, A., Sinclair-Waters, M., Verta, J., & Primmer, C. R. 2021. Maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*, Salmonidae): a synthesis of ecological, genetic, and molecular processes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 31(3): 523-571.
- Molés, G., Zanuy, S., Muñoz, I., Crespo, B., Martínez, I., Mañanós, E., & Gómez, A. 2011. Receptor specificity and functional comparison of recombinant sea bass (*Dicentrarchus labrax*) gonadotropins (FSH and LH) produced in different host systems. *Biology of Reproduction*. 84(6): 1171–1181.
- Muslim, M., Sudrajat, A. O., Zairin Jr, M., Suprayudi, M. A., Boediono, A., Diatin, I., & Alimuddin, A. 2021. Ovary development, FSH and LH genes expression of Indonesian leaffish, *Pristolepis grootii* (Bleeker, 1852), injected with luteinizing hormone-releasing hormone analog. *Indonesian Aquaculture Journal*. 16(2): 69-77.
- Muslim, M., Sudrajat, A. O., Zairin Jr, M., Suprayudi, M. A., Boediono, A., Diatin, I., & Alimuddin, A. 2022. Characterization of genes encoding folliclestimulating hormone β -subunit (fsh- β) and luteinizing hormone β -subunit (lh- β) from Indonesian leaffish *Pristolepis grootii*. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 15(1): 462-472.
- Muzaki, A., Wardana, I.K., Sembiring, S.B.M., & Haryanti, H. 2017. Pemberian hormon estradiol secara oral terhadap perkembangan gonad calon induk ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. 1(1): 649-657.
- Naseri, L., & Khazaei, M. 2019. A review on therapeutic effects of *Tribulus terrestris*. *Journal of Medicinal Plants*. 18(72): 1-22.
- Nguyen, A.T., Chia, J.H.Z., Kazeto, Y., & Lokman, P.M. 2019. Expression of gonadotropin subunit and gonadotropin receptor genes in wild female New Zealand shortfinned eel (*Anguilla australis*) during yellow and silver stages. *General and Comparative Endocrinology*. 272: 83–92.

- Nieschlag, E., Behre, H., & Ahlen, H. 2001. *Andrology : Male Reproductive Health And Disfunction Third Edition*. Springer Verlag. Berlin Heidenberg.
- Nurjali. 2023. Kampung Perikanan Budi Daya Bawal Bintang Kabupaten Bintan, Raih Penghargaan dari KKP. <https://www.batamnews.co.id/>. Diakses 11 Januari 2024.
- Ölçülü, A., Kocabaş, F. K., Önder, A. K. S. U., Kocabaş, M., İnce, O. K., & Karakavuk, E. 2022. Enhancing motility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sperm by *Tribulus terrestris* extract supplementation. *International Journal of Pure and Applied Sciences*. 8(2): 397-404.
- Óskarsson, G. J., Ono, K., Hølleland, S., & Slotte, A. 2022. Changes towards stable good somatic condition and increased gonad investment of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*) after 2005 are linked to extended feeding period. *Frontiers in Marine Science*. 9: 803171.
- Pamungkas, W., Jusadi, D., Zairin, Jr. M., Setiawati, M., Supriyono, E., Imron. 2019. Profil 17 β -estradiol, vitelogenin dan diameter telur pada proses pematangan gonad ikan Patin Siam *Pangasianodon hypophthalmus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 18(2): 152-161.
- Piferrer, F., Ribas, L., & Díaz, N. 2012. Genomic approaches to study genetic and environmental influences on fish sex determination and differentiation. *Marine Biotechnology*. 14:591-604.
- Prabu, D. L., Ebeneezar, S., Chandrasekar, S., Kavitha, M., & Vijayagopal, P. 2021. Antioxidant defence system based oxidative stress mitigation through dietary jamun tree leaf in experimentally infected snubnose pompano, *Trachinotus blochii*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 47(2): 617-637.
- Ramos-Júdez, S., Estévez, A., González-López, W. Á., & Duncan, N. 2023. Lipid and fatty acid composition of muscle, liver, ovary, and peritoneal fat in wild flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) according to ovarian development. *Theriogenology*. 198: 317-326.
- Rocha da, V. M., Silva, C. S., Pilotto, M. R., Magnotti, C. C. F., Martins, M. L., & Cerqueira, V. R. 2023. Effect of oral 17 β -estradiol on zootechnical performance, sex ratio and first maturation of mullet *Mugil liza* Valenciennes, 1836. *Research Square*. 1-25.
- Saha, N., Koner, D., & Sharma, R. 2022. Environmental hypoxia: A threat to the gonadal development and reproduction in bony fishes. *Aquaculture and Fisheries*. 7(5): 572-582.
- Saiyed, A., Jahan, N., Makbul, S. A. A., Ansari, M., Bano, H., & Habib, S. H. 2016. Effect of combination of *Withania somnifera* Dunal and *Tribulus*

- terrestris* Linn on letrozole induced polycystic ovarian syndrome in rats. *Integrative Medicine Research*. 5(4): 293-300.
- Samanhudi, S., Yunus, A., Pujiasmanto, B., Widiyanto, H., & Septyaningsih, W. N. 2018. Respon pertumbuhan *Tribulus terrestris* terhadap cekaman air dan naungan. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*. 2(1): 296.
- Sambroni, E., Rolland, A. D., Lareyre, J. J., & Le Gac, F. 2013. FSH and LH have common and distinct effects on gene expression in rainbow trout testis. *Journal of Molecular Endocrinology*. 50:1-18.
- Santos, H. O., Howell, S., & Teixeira, F. J. 2019. Beyond tribulus (*Tribulus terrestris* L.): The effects of phytotherapies on testosterone, sperm and prostate parameters. *Journal of Ethnopharmacology*. 235: 392-405.
- Saputra, M. E., & Anna, Z. 2023. Importance of carotenoids and phytoestrogens in gonad maturity of various types of fish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 24(1): 11-19.
- Sarida, M., Iqlima, I., & Suparmono, S. Optimasi spermatogenesis awal dan pematangan gonad induk nila gift *Oreochromis niloticus* jantan melalui penambahan kombinasi vitamin E dan vitamin A pada pakan. *Prosiding Semnaskan-UGM XVIII*. 12-24
- Sattang, S., Amornlerdpison, D., Tongsir, S., Palić, D., & Mengumphan, K. 2021. Effect of freshwater fish oil feed supplementation on the reproductive condition and production parameters of hybrid catfish (*Pangasius larnaudii* >< *Pangasianodon hypophthalmus*, Sauvage, 1878) broodstock. *Aquaculture Reports*. 20: 100598.
- Semerdjieva, I.B., & Zheljaskov, V.D. 2019. Chemical constituents, biological properties, and uses of *Tribulus terrestris*: a review. *Natural Product Communications*. 14(8): 19344578X19868394.
- Servili, A., Canario, A. V., Mouchel, O., & Muñoz-Cueto, J. A. 2020. Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *General and Comparative Endocrinology*. 291: 113439.
- Shahid, M., Riaz, M., Talpur, M. M., & Pirzada, T. 2016. Phytopharmacology of *Tribulus terrestris*. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*. 30(3): 785-788.
- Shen, X., Yan, H., Jiang, J., Li, W., Xiong, Y., Liu, Q., & Liu, Y. 2021. Profile of gene expression changes during estradiol-17 β -induced feminization in the *Takifugu rubripes* brain. *BMC Genomics*. 22: 1-14.

- SNI. 2013. *Ikan Bawal Bintang (Trachinotus blochii)*, Bagian 2. *Produksi Induk*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 8 hlm.
- Ștefănescu, R., Tero-Vescan, A., Negroiu, A., Aurică, E., & Vari, C. E. 2020. A comprehensive review of the phytochemical, pharmacological, and toxicological properties of *Tribulus terrestris* L. *Biomolecules*. 10(5): 752.
- Subagja, J., Arifin, O. Z., Prakoso, V. A. 2015. Pematangan gonad ikan Semah (*Tor douronensis*) asal alam melalui terapi hormon estradiol secara oral. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. 1: 211-218.
- Sultana, T., Mazumder, S. K., Kubra, J., Nishad, N., Khalil, S. M. I., Das, S. K., Khan, M. A.R., & Hasan, M. T. 2023. A multidisciplinary method to assess the reproductive biology of *Mystus bleekeri*. *Aquaculture and Fisheries*. 8(3): 280-287.
- Sun, J. L., Song, F. B., Wang, L., Zhang, W. W., Chen, Y. M., Zhou, L., Gui, J. F., & Luo, J. 2022. Sexual size dimorphism in golden pompano (*Trachinotus blochii*): Potential roles of changes in energy allocation and differences in muscle metabolism. *Frontiers in Marine Science*. 9: 1-18.
- Szeliga, A., Rudnicka, E., Maciejewska-Jeske, M., Kucharski, M., Kostrzak, A., Hajbos, M., Niwczyk, O., Smolarczyk, R., & Meczekalski, B. 2022. Neuroendocrine determinants of polycystic ovary syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(5): 3089.
- Takahashi, T., & Ogiwara, K. 2022. cAMP signaling in ovarian physiology in teleosts: A review. *Cellular Signalling*. 110499.
- Takahashi, T., & Ogiwara, K. 2021. Roles of melatonin in the teleost ovary: A review of the current status. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 254: 110907.
- Tang, U. M., Amin, B., & Pamukas, N. A. 2020. Osmotic performance rate, stress response and growth performance of silver pompano (*Trachinotus blochii*) reared in different salinities using recirculating culture system. *AACL Bioflux*. 13(3): 1546-1556.
- Tian, C., Zhang, Z., Wang, H., Guo, Y., Zhao, J., & Liu, M., Extraction technology, component analysis, and in vitro antioxidant and antibacterial activities of total flavonoids and fatty acids from *Tribulus terrestris* L fruits. *Biomedical Chromatography*. 33(4): e4474.
- USDA Plant Database. 2014. *Classification of Tribulus terrestris* (Puncturevine).
- Vidal-López, J. M., Contreras-Sánchez, W. M., Hernández-Franyutti, A., Contreras-García, M. D. J., & Uribe-Aranzábal, M. D. C. 2019. Functional

- feminization of the Mexican snook (*Centropomus poeyi*) using 17 β -estradiol in the diet. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 47(2): 240-250.
- Voorhees, J. M., Mamer, E. R., Schill, D. J., Adams, M., Martinez, C., & Barnes, M. E. 2023. 17 β -Estradiol can induce sex reversal in brown trout. *Fishes*. 8(2): 103.
- Walker, W. H. 2021. Androgen actions in the testis and the regulation of spermatogenesis. *Molecular Mechanisms in Spermatogenesis*. 1381: 175-203.
- Weirich, C. R., Riley, K. L., Riche, M., Main, K. L., Wills, P. S., Illán, G., & Pfeiffer, T. J. 2021. The status of Florida pompano, *Trachinotus carolinus*, as a commercially ready species for US marine aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*. 52(3): 731-763.
- Yanala, S.R., Sathyanarayana, D., & Kannan K. 2016. A recent phytochemical review-fruits of *Tribulus terrestris* Linn. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. 8(3): 132.
- Yaron, Z., & Levavi-Sivan, B. 2011. Endocrine regulation of fish reproduction. *Encyclopedia of Fish Physiology: from Genome to Environment*. 2: 1500-1508.
- Ye, Z., Zhao, T., Wei, Q., Lin, H., Zhang, Y., & Li, S. 2022. Distinct roles of estrogen receptors in the regulation of vitellogenin expression in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *International Journal of Molecular Sciences*. 23(15): 8632.
- Zhang, Z., Zhu, B., & Ge, W. 2015. Genetic analysis of zebrafish gonadotropin (FSH and LH) functions by TALEN-mediated gene disruption. *Molecular Endocrinology*. 29(1): 76–98.
- Zhang, M., Yang, Q., Shi, R., Wang, J., Zhang, Z., Yang, Y., Li, W., Chen, S., & Wang, N. 2022. Effects of long-term sex steroid hormones (estradiol and testosterone)–supplemented feeds on the growth performance of Chinese tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 48(5): 1365-1375.
- Zhou, Y., Niu, Y., Tao, M., Deng, X., Liu, S., Liu, Y., & Li, J. 2010. Molecular cloning, characterization and expression of FSH and LH beta subunits from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 36(2): 213–221.
- Zhu, W., Du, Y., Meng, H., Dong, Y., & Li, L. 2017. A review of traditional pharmacological uses, phytochemistry, and pharmacological activities of *Tribulus terrestris*. *Chemistry Central Journal*. 11: 1-16.

- Zohar, Y., Muñoz-Cueto, J.A., Elizur, & Kah, O. 2010. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*. 165: 438–455.
- Zulperi, Z., Md Yasin, I.S., Christianus, A., Md Yusoff, F., & Azni Harmin, S. 2015. Molecular characterization of *Hemibagrus nemurus* gonadotropin subunits: cDNA cloning and phylogenetic analysis. *Research in Biotechnology*. 6(1): 26–46.