

Dr. Muzahar, S.Pi., M.Si., (Lahir di Tambelan, Kepulauan Riau, 6 November 1971 ) adalah alumni S3 Program Studi Akuakultur (Budidaya Perairan-Institut Pertanian Bogor) lulus tahun 2019. Semasa studi S1 pernah menjabat sebagai Senat Mahasiswa Faperikan IPB tahun 1993 s.d 1994.



Pengalaman kerja dibidang pendidikan diawali tahun 1996 sebagai guru Biologi SMA Tarbiyatul Falah, Ciampea, Bogor dan Dosen Luar Bias pada Universitas Satya Negara, Jakarta tahun 1996 s.d 1998. Selanjutnya menjadi Dosen tetap pada Politeknik Gajah Tunggal, Tangerang mulai 1 November 1996 s.d 1999. Pada akhir tahun 1999 ditugaskan oleh Direktur Politeknik Gajah Tunggal untuk merintis pendirian Akademi Perikanan Wachyuni Mandira (APWM) yang berlokasi di area pertambakan udang milik PT. Wachyuni Mandira di Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. Pada 31 Oktober 2007 mengundurkan diri dari APWM dengan jabatan terakhir sebagai Direktur.

Dimulai dari 18 Oktober 2007 mendedikasikan ilmu di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH), Tanjungpinang, Kepulauan Riau. Pernah menduduki jabatan sebagai Ketua Program Studi Ilmu Kelautan dan Manajemen Sumberdaya Perairan, Pembantu Dekan I Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Kepala BAKK, dan Pembantu Rektor 1 UMRAH.



ISBN 978-602-5603-50-1



9 786025 603501

ENDOKRINOLOGI IKAN



# ENDOKRINOLOGI IKAN

Dr. MUZAHAR, S.Pi.,M.Si



## ENDOKRINOLOGI IKAN

**Sampul : Muzahar**  
**Tata letak : Muzahar**

Diterbitkan pertama kali oleh  
UMRAH PRESS

Alamat Penerbit:

Gedung Rektorat Universitas Maritim Raja Ali Haji  
Lantai III. Jln. Raya Dompok, Tanjungpinang-Kepri 29111  
Telepon: 0771-7001550, Fax: 0771-7038999  
Email: [umrahpress@gmail.com](mailto:umrahpress@gmail.com) / umrah [press@umrah.ac.id](mailto:press@umrah.ac.id)

Hak Cipta © dilindungi undang-undang

Cetakan Pertama:

Huruf : Times New Roman  
Ukuran : 12

Perpustakaan Nasional RI Data Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Dr. Muzahar, S.Pi., M.Si

Endokrinologi Ikan / Muzahar

Tanjungpinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji 2020

v + 66 Hal. 21,0 x 29,7 cm

ISBN: 978-602-5603-50-1

Perikanan 1. Judul



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil'alamin. Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan nikmat akal, ilmu dan kesehatan sehingga dapat menyelesaikan penulisan buku Endokrinologi Ikan ini.

Endokrinologi Ikan merupakan bagian dari ilmu fisiologi hewan (ikan dalam arti luas). Endokrinologi ikan menyajikan pengetahuan tentang hormon meliputi kelenjar-kelenjar yang memproduksi hormon, fisiologi dan biokimiawi. Pemakaian hormon dalam perikanan budidaya telah menjadi sebuah metode dan teknologi penting dalam mendukung aktivitas pengembangbiakan ikan. Buku ini menyajikan ilmu pengetahuan (sains) tentang endokrinologi ikan dan penerapannya dalam perikanan budidaya. Matakuliah endokrinologi ikan menjadi bagian untuk meningkatkan kompetensi lulusan program studi budidaya perairan. Peningkatan kompetensi lulusan diharapkan akan dapat meningkatkan daya saing dalam meraih atau membangun peluang kerja serta kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan secara efektif dan efisien. Kemampuan berpikir, bersikap dan karakter yang mandiri akan mendukung percepatan pembangunan perikanan budidaya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Muhammad Zairin Jr, M.Sc yang merupakan pakar dan guru besar (profesor) dalam bidang Endokrinologi Ikan yang merupakan guru sekaligus dipandang sebagai orang tua yang telah memberikan ilmu Endokrinologi Ikan dan Fisiologi Hewan Air.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Wiwin Kusuma Atmaja Putra, S.Pi., M.Si yang merupakan salah satu dosen pengajar untuk matakuliah Endokrinologi Ikan serta rekan-rekan dosen Prodi BDP UMRAH serta semua pihak yang membantu mewujudkan modul ini, teristimewa kepada isteri tercinta Dr. Lily Viruly, M.Si dan anak-anakku Faqih Muhammad Arif, Fathimah Qothrun Nadaa dan Falah Muhammad Taqiyuddin, serta keluarga besar Ahmad Zawawi bin H. Ismail (alm). Semoga tulisan kecil ini bermanfaat dan menjadi tambahan amal jariyah bagi Penulis. Aamiin.

Tanjungpinang, September 2020

Dr. Muzahar bin Ahmad Zawawi

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
1. BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Endokrinologi Ikan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional.....	2
2. BAB II. PERIKANAN BUDIDAYA: SUMBANGSIH, PERMASALAHAN DAN TANTANGAN.....	4
2.1. Pengertian dan Cakupan Perikanan Budidaya.....	4
2.2. Sumbangsih dan Tantangan Perikanan Budidaya.....	5
3. BAB III. TINJAUAN UMUM ENDOKRINOLOGI IKAN.....	9
3.1 Pengertian Endokrinologi.....	9
3.2. Sejarah Singkat Endokrinologi Ikan.....	9
3.3. Pengelompokan Hormon.....	10
3.4. Jenis-jenis Hormon.....	13
3.5. Hormon Untuk Reproduksi Ikan.....	15
4. BAB IV. SISTEM ENDOKRIN DAN KONTROL HORMON PADA IKAN.....	19
4.1. Pengertian dan Istilah.....	19
4.2. Kelenjar Endokrin.....	19
4.3. Karakteristik Sistem Hormon.....	21
4.4. Mekanisme Kerja Hormon.....	22
4.5. Kontrol Hormon Pada Ikan ( <i>Finfish</i> ).....	23
4.5.1. Kontrol Hormon Pada Reproduksi Ikan.....	23
4.5.2. Kontrol Hormon Pada Pertumbuhan Ikan.....	25

4.6. Endokrinologi Avertebrata Air.....	26
4.6.1. Kontrol Hormon Pada Moluska.....	28
4.6.2. Kontrol Hormon Pada Krustasea (Udang).....	35
5. BAB V. PENERAPAN ENDOKRINOLOGI DALAM PERIKANAN BUDIDAYA.....	40
5.1. Manipulasi Hormonal Untuk Ovulasi dan Pemijahan.....	40
5.2. Manipulasi Harmonal Untuk Pematangan Gonad.....	42
5.3. Sex Reversal Pada Ikan Non Hermaprodit.....	43
5.4. Sex Reversal Pada Ikan Hermaprodit.....	44
5.5. Metamorfosa Larva Ikan.....	44
5.6. Pertumbuhan Ikan.....	45
5.7. Domestikasi Ikan.....	46
6. BAB VI. GANGGUAN ENDOKRIN ( <i>ENDOCRINE DISRUPTION</i> ) DAN PATOLOGI IKAN.....	48
6.1. Gangguan Endokrin.....	48
6.2. Hormon dan Patologi Ikan.....	50
7. BAB VII. METODE PEMBERIAN HORMON PADA IKAN DAN PELARUT HORMON.....	52
7.1. Metode Pemberian Hormon Pada Ikan.....	52
7.2. Pelarut Untuk Hormon.....	54
8. BAB VIII. TEKNIK/METODE ANALISIS HORMON PADA IKAN.....	55
8.1. Uji Validasi / <i>Paralellism Test</i> .....	55
8.2. Metode Analisis Hormon Ikan.....	58
9. BAB 9. PENUTUP.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
GLOSARIUM.....	67
INDEKS.....	73

## DAFTAR TABEL

No	Butir Pernyataan	Halaman
1.	Volume Ekspor dan Nilai Dari Beberapa Komoditas Perikanan.....	5
2.	Kelenjar Hormon, Produk Sekresi dan Fungsinya.....	13
3.	Beberapa Hormon Pada Moluska dan Fungsinya.....	29

## DAFTAR GAMBAR

No	Butir Pernyataan	Halaman
1.	Kelenjar Endokrin Pada Ikan: Hipotalamus, <i>Pituitary</i> /Hipofisis, Tiroid, Pineal dan Gonad, dan Urofisis.....	20
2.	Ringkasan Proses Pematangan Gonad Pada Ikan.....	24
3.	Proses Ovulasi dan Pemijahan Pada Ikan.....	25
4.	Mekanisme Kontrol Hormon Pada Pematangan Gonad Udang Windu.....	36
5.	Teknik Ablasi dan Disinfeksi Pada Tangkai Mata Udang. Sumber: Koleksi Pribadi.....	37
6.	Metode Beberapa Kali Suntik Pemberian Hormon Pada Ikan.....	54
7.	Hasil Validasi Kit Estradiol dan Testosteron Dengan Metode ELISA.....	56
8.	Contoh Produk ELISA Test Yang Digunakan Oleh Penulis.....	59
9.	<i>Plate 96-well</i> Untuk Uji ELISA.....	59
10.	Konsentrasi $17\beta$ -estradiol Hemolimfa Gonggong Sebelum dan Sesudah Diberi Suntikan $17\beta$ -estradiol.....	60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Ketahanan pangan merupakan salah satu isu penting, strategis dan menjadi fokus banyak negara di dunia termasuk Indonesia. Hal ini disebabkan produktivitas suatu negara berkaitan dengan kecukupan kebutuhan pangan warganya. Kebutuhan pangan dunia sangat besar karena jumlah penduduk dunia saat ini diperkirakan 7,7 milyar orang dan pada tahun 2045 diproyeksikan sekitar 9 milyar jiwa. Kekurangan pangan berdampak pada kesehatan yang buruk, yang pada gilirannya juga berdampak pada kemampuan untuk mencukupi kebutuhan pangan.

Kita patut bersyukur karena ketahanan pangan Indonesia mengalami kenaikan sejak tahun 2012. Skor Indonesia di semua aspek dalam ketahanan pangan pada 2012 sebesar 46,8 naik menjadi 54,8 pada tahun 2018 (skor tertinggi 100), namun Indonesia baru menempati posisi 65 di dunia dan kelima di ASEAN dari 113 negara per bulan Oktober 2018. Sektor perikanan menurut data BPS tahun 2014 memiliki kontribusi yang cukup besar dalam menopang ketahanan pangan nasional khususnya dalam penyediaan protein ikan. Produk ikan memberikan *share* dominan terhadap konsumsi protein hewani yaitu sebesar 57,1 persen (Kemenkopolkum, 2016).

Salah satu sektor perikanan Indonesia yang sangat potensial untuk menjadi penopang ketahanan pangan nasional adalah sektor perikanan budidaya (akuakultur). Indonesia memiliki sekitar 24 juta hektar wilayah perairan laut dangkal yang sesuai untuk usaha budidaya laut dengan potensi produksi lestari sekitar 60 juta ton per tahun (terbesar di dunia). Ada sekitar tiga juta hektare lahan pesisir cocok untuk usaha budidaya di tambak dengan potensi produksi 30 juta ton/tahun.

Sekitar 30 persen atau 60 juta hektare dari total luas lahan daratan Indonesia (190 juta hektare) berupa ekosistem perairan tawar seperti sungai, danau, bendungan dan rawa. Sekitar lima persen (3 juta hektare) dari 60 juta hektare perairan tawar itu cocok untuk usaha akuakultur dengan potensi produksi 15 juta ton per tahun. Potensi usaha akuakultur lain adalah di kolam air tawar, sawah (mina-padi), saluran irigasi (dengan keramba tancap) dan akuarium.



Potensi total produksi akuakultur diperkirakan lebih dari 105 juta ton per tahun. Bila setiap hektare usaha akuakultur memerlukan satu orang tenaga kerja saja, total lapangan kerja *on-farm* yang bisa disediakan sekitar 30 juta orang. Belum lagi nilai ekonomi dan tenaga kerja yang bisa diserap oleh beragam kegiatan industri hulu dan industri hilir dari bisnis akuakultur tersebut.

Hingga saat ini, total produksi budidaya laut baru sebesar 9,4 juta ton (16 persen total potensi produksi), budidaya di tambak 2,4 juta ton (8 persen) dan budidaya perairan tawar 2,8 juta ton (19 persen). Artinya, dari sisi suplai, peluang bisnis akuakultur masih sangat terbuka lebar dan luar biasa besar. Akuakultur tidak hanya menghasilkan protein hewani berupa ikan, moluska (kekerangan) dan krustasea (udang, lobster, kepiting dan rajungan) tetapi juga rumput laut, teripang, invertebrate dan ribuan jenis organisme perairan lainnya sebagai bahan baku (*raw materials*) untuk industri makanan dan minuman, farmasi, kosmetik, cat, film, bioenergi dan industri lainnya. Marikultur juga bisa menghasilkan perhiasan yang sangat mahal seperti kerang mutiara dan dapat berfungsi sebagai penyerap karbon, sehingga turut mencegah terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Berdasarkan informasi di atas, ketahanan pangan masih merupakan salah satu masalah yang dihadapi Indonesia walaupun memiliki potensi sumberdaya alam yang sangat besar sehingga diperlukan upaya dan terobosan untuk mengatasinya. Terobosan yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan memaksimalkan pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) mutakhir untuk mengolah dan mengelola kekayaan potensi sumberdaya alam Indonesia yang berlimpah tersebut. Iptek perikanan budidaya harus ikut berperan aktif dalam menjawab persoalan ketahanan pangan Indonesia terutama sebagai penyedia protein ikani yang dibutuhkan oleh masyarakat dengan mengoptimalkan sumberdaya perikanan dan kelautan Indonesia.

## **1.2. Endokrinologi Ikan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional**

Endokrinologi ikan merupakan salah satu iptek perikanan budidaya yang pada beberapa dekade terakhir telah menunjukkan perkembangan pesat dan berkontribusi penting dalam perikanan budidaya Indonesia. Endokrinologi ikan memberikan pengaruh nyata dalam perkembangan pengetahuan reproduksi, pertumbuhan dan fisiologi ikan. Penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam endokrinologi ikan

penting dimiliki terutama untuk mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan/Akuakultur sehingga perlu dibekali dengan pengetahuan dasar ilmu ini. Buku ini dimaksudkan sebagai salah satu upaya memperkaya wawasan para akuakultoris, praktisi perikanan budidaya, mahasiswa dan peminat perikanan dengan pengetahuan dasar dan aplikasi endokrinologi dalam perikanan budidaya (budidaya perairan).

## **BAB II**

### **PERIKANAN BUDIDAYA: SUMBANGSIH, PERMASALAHAN DAN TANTANGAN**

#### **2.1. Pengertian dan Cakupan Perikanan Budidaya**

Ikan dalam arti luas adalah seluruh organisme akuatik baik yang sebagian atau seluruh siklus hidupnya di dalam perairan. Organisme akuatik yang hidup di perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya menghasilkan makanan, yaitu: (1) hewan air dan (2) tumbuhan air. Tumbuhan air disebut sebagai produsen karena dapat memproduksi makanan sendiri melalui proses fotosintesis, sedangkan hewan air termasuk konsumen karena tidak dapat menghasilkan makanan sendiri.

Hewan air memanfaatkan tumbuhan air (fitoplankton) sebagai makanan dan sumber energinya. Organisme akuatik berdasarkan definisi di atas yang telah berhasil dan potensial dibudidayakan memiliki keragaman morfologi, yaitu (1) kelompok ikan (*finfish*), (2) krustasea (udang, kepiting, lobster, ketam, rajungan dan lainnya), (3) moluska (kerang, tiram mutiara, abalone, siput gonggong dan lainnya), (4) ekinodermata (teripang dan lainnya) dan (5) tumbuhan air (mikro alga, rumput laut dan lainnya).

Budidaya perairan pada awalnya didefinisikan sebagai campur tangan (upaya-upaya) manusia untuk meningkatkan produktifitas perairan melalui kegiatan budidaya. Pengertian ini berkembang menjadi kegiatan untuk memproduksi biota (organisme) akuatik dalam wadah terbatas dan lingkungan terkontrol dalam rangka mendapatkan keuntungan. Seiring kemajuan iptek, definisi mutakhir budidaya perairan adalah kegiatan memproduksi organisme akuatik (ikan dan non ikan) dengan bantuan teknologi yang berorientasi memperoleh keuntungan (bisnis). Orientasi bisnis dalam membudidayakan organisme akuatik mengarahkan para pelaku budidaya untuk menghitung dengan cermat untung atau rugi secara ekonomi “bisnis produksi budidaya-nya”.

Setiap biaya yang akan dikeluarkan untuk proses produksi dilakukan seefisien mungkin. Pada sisi lain, upaya menaikkan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*, SR) dan pertumbuhan (*growth*) organisme budidaya dengan pengetahuan mutakhir dan bantuan teknologi dilakukan secara maksimal dengan tujuan memperbesar total pendapatan.

Berdasarkan produk yang dihasilkan, budidaya perairan dibagi menjadi dua *core business* yaitu pembenihan dan pembesaran. Pembenihan ikan (dan non ikan) adalah kegiatan budidaya yang bertujuan untuk menghasilkan benih. Benih ikan merupakan *input* dalam kegiatan pembesaran. Pembesaran ikan adalah kegiatan budidaya yang bertujuan untuk menghasilkan ikan ukuran konsumsi (*market size*) termasuk ikan hias. Budidaya perairan berdasarkan sumber air yang digunakan dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: (1) budidaya air tawar di perairan tawar (waduk, danau, sungai dan lainnya), (2) budidaya air payau di perairan payau (estuaria, perairan muara dan lainnya) dan (3) budidaya air laut di perairan laut (selat, laut dangkal).

## 2.2. Sumbangsih dan Tantangan Perikanan Budidaya

Sumbangsih nyata perikanan budidaya dalam perekonomian nasional terlihat jelas. Produksi total nasional perikanan budidaya terus meningkat, tercatat sebesar 14,36 juta ton (2014), 15,63 juta ton (2015), 16,68 juta ton (2016) dan sampai dengan triwulan IV tahun 2017 telah mencapai 17,22 juta ton. Beberapa jenis avertebrata air (moluska, krustasea, ekinodermata) memiliki peranan penting dalam penyediaan protein hewani untuk ketahanan pangan dan penghasil devisa negara melalui ekspor komoditas tersebut. Udang, rajungan-kepiting (krustasea), teripang (ekinodermata), cumi-sotong-gurita (moluska) dan rumput laut adalah komoditas andalan ekspor Indonesia. Produksi total nasional udang pada tahun 2018 sebanyak 886.520 ton. Volume ekspor dan nilai komoditas perikanan andalan yang seluruh atau sebagian diantaranya adalah hasil budidaya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Volume ekspor dan nilai dari beberapa komoditas perikanan

No	Komoditas	Produksi (ribu ton)	Nilai (juta USD)	Produksi (ribu ton)	Nilai (juta USD)
		2017		Januari-Juni 2018	
1	Udang	180,59	1,748.140	95,230	859,150
2	Rumput laut	191,85	204,87	92,68	128,65
3	Rajungan-kepiting	27,070	409,820	14,570	241,640
4	Cumi-sotong-gurita	121,820	399,860	65,490	228,720

Sumber: Satu Data KKP, 2018; BPS diolah oleh Ditjen PDS-KKP, 2018)

Perikanan budidaya selain memberikan sumbangsih cukup besar juga memiliki beberapa permasalahan dan tantangan krusial. Beberapa permasalahan dan tantangan secara makro (nasional) umumnya adalah sebagai berikut:

A. Lingkungan internal

- 1) Pemanfaatan potensi lahan perikanan budidaya belum optimal
- 2) Keterbatasan infrastuktur pendukung
- 3) Keterbatasan ketersediaan input produksi
- 4) Kesadaran pengendalian penyakit dan lingkungan masih lemah
- 5) Ketergantungan import sarana produksi
- 6) Terbatasnya modal usaha dan kases modal
- 7) Kompetensi sdm manajemen pembudidaya ikan skala kecil
- 8) Kelembagaan pembudidaya ikan masih lemah
- 9) Manajemen sertifikasi sistem produksi

B. Lingkungan eksternal

- 1) Keterbatasan akses pasar
- 2) Perubahan iklim (*climate change*)
- 3) Ketatnya persyaratan hasil produk perikanan di pasar global
- 4) MEA dan perdagangan bebas
- 5) Peraturan lintas sektor masih lemah
- 6) Penurunan daya dukung lingkungan
- 7) Ketersediaan energi terbarukan
- 8) Pembagian kewenangan konkuren tidak pro budidaya

Contoh berikut ini dapat menjelaskan permasalahan dan tantangan perikanan budidaya yang dipaparkan di atas, misalnya: volume ekspor udang Indonesia sebanyak 180,59 ribu ton (Tabel 1) telah menempatkan Indonesia pada nomor dua negara pengekspor udang, namun ternyata persentase *share*-nya di pasar dunia hanya 7%. Potensi lahan pertambakan 2.964.331,24 ha, tapi pemanfaatan baru 605.908,818 ha (20%) saja sampai tahun 2017. Kondisi ini memperlihatkan tantangan untuk terus mengembangkan dan meningkatkan produksi udang nasional melalui budidaya.

Berbagai paradigma dan program telah dicanangkan oleh pemerintah RI untuk memperkuat peran perikanan dan kelautan termasuk perikanan budidaya, diantaranya ‘revolusi biru dengan program minapolitan dan industrialisasi akuakultur. Hal ini

dipertegas dengan mencanangkan misi pembangunan perikanan budidaya dalam rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) ke 4 (2005-2025) adalah pembangunan perikanan budidaya yang mandiri, berdaya saing dan berkelanjutan berbasis pada kepentingan nasional dan didukung oleh SDM yang berkualitas.

Beberapa permasalahan dan tantangan perikanan budidaya dalam skala mikro khususnya reproduksi ikan di wadah budidaya antara lain adalah:

- 1) Induk-induk ikan tidak mau memijah secara alami dalam wadah budidaya, misalnya ikan patin, sidat, bawal air tawar. Langkah yang dilakukan antara lain dengan memberikan suntikan hormon pada ikan patin untuk memicu pemijahan.
- 2) Induk-induk tidak mau matang gonad dalam wadah budidaya, misalnya ikan hias arwana.
- 3) Jumlah sperma ikan jantan masih sedikit di dalam wadah budidaya, misalnya pada ikan kakap.
- 4) Kematangan gonad jantan dan betina tidak sinkron terutama di luar musim puncak pemijahan. Tantangannya adalah bagaimana memijahkan ikan secara serentak, misalnya pada ikan gurame.
- 5) Pemijahan berlangsung masih musiman, misalnya ikan patin, bawal. Tantangannya adalah bagaimana membuat satu induk bisa beberapa kali memijah dalam setahun, bukan sepanjang tahun tetapi dari beberapa induk.
- 6) Adanya *behaviour*/perilaku spesifik pada beberapa golongan ikan sebelum memijah seperti membuat sarang pada ikan gurame, simbiosis dengan organisme lain (karang) pada ikan *clownfish* (nemo/badut).
- 7) Pemijahan yang berlebihan pada ikan nila
- 8) Adanya dimorfisme atau dikromatisme (warna) yang tidak sama antara ikan jantan dan betina pada ikan hias
- 9) Penurunan kualitas rasa enak ikan ketika proses pematangan gonad ikan berlangsung
- 10) Musim pemijahan pendek pada beberapa jenis ikan misalnya ikan patin dan bawal.

Beragam teknik telah dicari dan dikembangkan oleh para ahli budidaya perairan untuk meningkatkan produksi disertai upaya efisiensi. Pengetahuan dan teknologi menginduksi reproduksi hewan air budidaya adalah bagian dari upaya itu.



Salah satu teknologi dalam memacu reproduksi hewan air budidaya adalah pemakaian hormon. Hormon yang telah diaplikasikan terdiri atas hormon alami reproduksi, analog sintetik atau bahan kimia lain. Aplikasi hormon dalam budidaya perairan yang telah dilaporkan oleh banyak pemangku kepentingan sampai saat ini umumnya pada golongan *finfish*. Jenis komoditas perikanan budidaya beragam tidak hanya *finfish* maka cakupan endokrinologi ikan yang akan diketengahkan dalam modul ini ditambahkan dengan endokrinologi krustasea, moluska dan ekinodermata.

## **BAB III**

### **TINJAUAN UMUM ENDOKRINOLOGI IKAN**

#### **3.1. Pengertian Endokrinologi**

Endokrinologi secara etimologis terdiri atas dua kata yaitu: 1) endokrin dan 2) logos. Endokrin adalah kelenjar yang tidak mempunyai saluran untuk mengalirkan hasil sekresinya. Hasil sekresi dari kelenjar ini berupa senyawa kimia yang disebut hormon, sehingga kelenjar ini dapat pula disebut sebagai kelenjar hormon. Logos berasal dari bahasa Yunani yang berarti ilmu. Hormon dialirkan ke dalam darah atau limfa menuju organ target. Hormon adalah senyawa aktif yang dihasilkan oleh kelenjar hormon (kelenjar endokrin) yang dalam jumlah kecil dibawa oleh darah menuju organ target yang dengannya menyebabkan perubahan-perubahan fisiologis. Jadi, hormon berfungsi sebagai pembawa pesan (mediator) kepada organ target dan pesan itu diterjemahkan oleh organ target sehingga terjadi berbagai perubahan fisiologis di organ target. Hormon bekerja secara spesifik dengan reseptor yang spesifik pula. Berdasarkan uraian di atas, endokrinologi dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan mengenai mediasi biokimiawi pada proses fisiologis. Mediasi ini dapat terjadi di antara populasi, organisme, jaringan dalam satu organisme, organ dan sel, serta di antara generasi ketika hormon bekerja dalam telur saat proses reproduksi.

Ada tiga cara bagi hormon dalam mencapai organ target, yaitu: (1) difusi sederhana di dalam sel atau dari satu sel ke sel lainnya di dalam organ, (2) transportasi melalui darah, limfa atau berbagai cairan tubuh sehingga langsung mencapai organ atau sel, (3) secara tidak langsung melalui lingkungan luarnya.

#### **3.2. Sejarah Singkat Endokrinologi Ikan**

Kajian tentang endokrinologi pada hewan air budidaya relatif baru dibanding endokrinologi pada manusia. Endokrinologi pada awal perkembangannya merupakan bagian dari ilmu kedokteran manusia (*human medical science*) dan terus mengalami perkembangan sehingga menjadi salah satu cabang utama dalam ilmu kedokteran. Kajian endokrinologi dengan memanfaatkan organisme akuatik yang paling awal tercatat dilakukan oleh Schafer dan Hering pada tahun 1906. Kedua peneliti ini memberikan suntikan ekstrak kelenjar pituitari ikan kod kepada anjing dan terbukti menyebabkan pembengkakan dan diuretik (banyak kencing) pada ginjal anjing uji.

Perkembangan selanjutnya endokrinologi hewan air budidaya diringkas sebagai berikut:

- 1) Tahun 1924: Swale Vincent menulis buku berjudul *Ductless Gland of Fish* dalam *Internal Secretion and the Ductless Gland*. Capaian ini menandai perkembangan studi anatomi komparatif dari kelenjar sekresi secara internal (*Comparative Anatomy of Internally Secreting Gland*).
- 2) Tahun 1928: pemberian hormon dalam avertebrata menyebabkan kontaksi kromatofora pada udang dan hormon ini diproduksi di tangkai mata (*eye stalk*). Peristiwa ini menandai perkembangan endokrinologi avertebrata.

Kajian endokrin pada ikan yang awalnya untuk mendukung kajian evolusi hewan, atau sebagai komparasi dalam kajian terhadap burung dan mamalia untuk kepentingan pertanian serta mendukung ilmu kedokteran kini sudah mengalami kemajuan. Pada beberapa tahun terakhir ini, selaras dengan perkembangan luas ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia yang berbasis *fish farming* (budidaya ikan secara komersial) maka endokrinologi ikan mendapat perhatian luas pula. Para peneliti hormon saat ini menekankan risetnya pada *fish farming*.

Endokrinologi penting dalam budidaya ikan dan *fish farming* terutama dalam pengetahuan terhadap keragaman bentuk, fungsi kelenjar dan hormon yang mengontrol beragam aktivitas ikan, antara lain: reproduksi, perkembangan, pertumbuhan, diferensiasi seks, *egg laying/spawning* (pemijahan), *protein disposition*, perkembangan dan pematangan gonad, metabolisme adaptasi lingkungan, osmoregulasi ruaya.

### **3.3. Pengelompokan Hormon**

#### **A. Berdasarkan Struktur Kimianya.**

Hormon berdasarkan struktur kimianya dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu:

- 1). Protein, terdiri atas dua golongan hormon, yaitu (a) peptida disusun oleh <50 asam amino, contohnya *luteinizing hormone releasing hormone* (LHRH) yang tersusun oleh 10 asam amino (deka peptida), (b) polipeptida disusun oleh > 50 asam amino, contohnya hormon pertumbuhan (*growth hormone*, GH), *luteinizing hormone* (LH), hormon gonadotropin (*gonadotrophine hormone*, GTH I dan GTH-II), *folicle stimulating hormone* (FSH), hormon chorionik

manusia (*human chorionic hormone*, hCG), *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG), prolaktin (PRL), somatolaktin, *melanocyte stimulating hormone* (MSH), *adreno corticotropic hormone* (ACTH).

- 2). Steroid yang terdiri atas golongan: a) estrogen (estradiol-17 $\beta$ , esteron, estriol), b) androgen (androstendion, testosteron, 11-ketotestosteron) dan c) progestin, contohnya progesteron (17 $\alpha$ -hidroksiprogesteron, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$  dihidroksiprogesteron, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ , 21-trihidroksiprogesteron).
- 3). Derivat asam amino seperti tiroksin dan melatonin.
- 4). Prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  (PGF<sub>2</sub> $\alpha$ ).

Hormon kelompok steroid diproduksi antara lain oleh testis dan ovarium. Hormon kelompok ini disintesis dari bahan dasar kolesterol, bersifat larut dalam lipid sehingga hormon ini dapat melintasi membran sel dengan mudah dan terikat dengan reseptornya yang berada di intraselular. Hormon kelompok protein dan peptida disintesis di retikulum endoplasma granuler (REG) pada sel endokrin dimulai dari prekursor hormon yang belum mempunyai aktivitas biologis sebagai hormon, kemudian menjadi prohormon dan dibawa ke badan golgi dan dikemas dalam vesikel sekretorik pada akhirnya vesikel disimpan di sitoplasma, apabila dikeluarkan dengan cara eksositosis.

Hormon dari kelompok protein berbeda untuk setiap jenis organisme karena susunan asam aminonya berbeda, terutama pada protein yang bermolekul besar, contohnya GTH-I ikan gurame berbeda dengan GTH-I ikan mas. Perbedaan ini akan menentukan kompatibilitas (kesesuaian) satu jenis hormon terhadap satu jenis ikan. Struktur kimia hormon dari kelompok steroid seperti testosteron, 17 $\alpha$ -hidroksiprogesteron, kortisol adalah sama, baik pada ikan maupun manusia. Hormon estradiol-17 $\beta$  merupakan hormon steroid penciri ikan betina, dan hormon 11-ketotestosteron merupakan penciri ikan jantan dalam kondisi normal. Hormon 11-ketotestosteron dan 17 $\alpha$ ,20 $\beta$  dihidroksiprogesteron sampai saat ini hanya ditemukan pada ikan, namun tidak pada hewan lainnya.

## **B. Berdasarkan Sifat Kelarutan.**

Hormon berdasarkan sifat kelarutannya dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu: (1) hidrofilik/larut dalam air. Hormon yang larut dalam air adalah kelompok protein/polipeptida, misalnya hormon adrenokortikotrofik, dopamin,

epinefrin, norepinefrin dan (2) hidrofobik/tidak larut dalam air tetapi larut larut dalam lemak (lipofilik). Hormon yang larut dalam lemak adalah kelompok steroid (estrogen, progesteron, testosteron, glukokortikoid, aldosteron) dan tiroxin (contohnya tiroksin). Perbedaan sifat kelarutan hormon mempengaruhi mekanisme kerja hormon. Hormon yang larut dalam air bekerja melalui sistem *mesenger*-kedua, sedangkan hormon steroid dapat menembus membran sel dengan bebas.

### **C. Berdasarkan Fungsi.**

Hormon berdasarkan fungsinya dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- 1). Hormon perkembangan (*growth hormone*), yaitu hormon yang berperan dalam perkembangan dan pertumbuhan hewan.
- 2). Hormon metabolisme, yaitu hormon yang mengatur proses homeostatis glukosa dalam tubuh. Fungsi ini dikendalikan dan diatur oleh bermacam-macam hormon, contohnya adalah hormon glukokortikoid, glukagon dan katekolamin
- 3). Hormon tropik, yaitu hormon sebagai perangsang pertumbuhan folikel (*folikel stimulating hormone*, FSH) pada ovarium dan proses spermatogenesis (*luteinizing hormone*, LH). Hormon kelompok ini dihasilkan oleh struktur khusus dalam pengaturan endokrin yaitu kelenjar hipofisis.
- 4). Hormon pengatur metabolisme air dan mineral, diantaranya adalah kalsitonin yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid untuk mengatur metabolisme kalsium dan fosfor.

### **D. Berdasarkan Sifat Kerja.**

Hormon berdasarkan sifat kerjanya dalam menstimulasi organ target dibedakan menjadi dua, yaitu hormon tropik dan nontropik. Hormon tropik adalah hormon yang bekerja mempengaruhi kelenjar endokrin lain untuk mensekresikan hormonnya, contohnya *gonatropin releasing hormone* (GnRH) yang disekresikan oleh hipotalamus akan bekerja pada hipofisis dan memicu sekresi hormon gonadotropin-I. Hormon nontropik adalah hormon yang bekerja di jaringan target non-endokrin, contohnya aldosteron yang dibebaskan dari bagian kortek adrenal dan bekerja di organ ginjal untuk menstimulasi reabsorpsi natrium ke dalam darah.

### 3.4. Jenis-jenis Hormon

Ikan sebagai makhluk hidup melakukan berbagai fungsi fisiologis untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Fungsi fisiologis itu secara garis besar terdiri atas: (1) pencernaan dan fungsi metaboliknya, (2) ekskresi, osmoregulasi, metabolisme air dan garam, (3) metabolisme mineral seperti kalsium, (4) reproduksi dan (5) pertumbuhan dan perubahan morfologi. Tiga kelompok pertama berperan sebagai fungsi metabolik untuk mempertahankan kondisi tubuhnya, sedangkan dua kelompok terakhir berkaitan dengan reproduksi, perkembangan dan pertumbuhan yang berperan penting dalam mempertahankan kelangsungan jenis ikan.

Hormon memiliki peran penting dalam berbagai proses fisiologis ikan, mulai dari mengatur konsentrasi glukosa, natrium, kalsium, kalium dan air di dalam darah dan cairan interstisial (cairan tubuh), sampai mengatur proses reproduksi. Kelenjar hormon, produk sekresi dan fungsinya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelenjar hormon, produk sekresi dan fungsinya

No	Kelenjar Hormon	Produk Sekresi	Fungsi	Organ Target
1	Hipotalamus	LHRH	Sekresi gonadotropin	Kelenjar hipofisis
		TRH	Sekresi tiotropin (TSH)	Kelenjar hipofisis
2	Kelenjar hipofisis			
	- Rostral pars distalis	Prolaktin	Pertumbuhan, reproduksi mukus, retensi ion, menurunkan permeabilitas ion	Banyak
		Corticotropic hormone (CTH)	Merangsang produksi kortisol	Kelenjar interrenal
	- Proximal pars distalis	Somatotropin (GH)	Merangsang pertumbuhan, nafsu makan, mencegah hipertrofi hati	Banyak
		Tiotropin (TSH)	Merangsang produksi tiroksin	Kelenjar tiroid
		Gonadotropin-I	Merangsang pematangan gonad (vitelogenesis)	Lapisan teka folikel
		Gonadotropin-	Merangsang	Lapisan teka



		II	pematangan akhir	folikel
	- Pars intermedia	Melanocyte stimulating hormone (MSH)	Penyebaran melanosit	Melanosit
		Somatolaktin	?	?
3	Ovari	Estradiol-17 $\beta$	Vitelogenesis	Hati
4	Testis	11-ketotestosteron	Pembentukan sperma	Testis
5	Neurohipofisis	Oksitosin	Osmoregulasi, kontraksi otot licin	Insang, ginjal
		Argonin vasotosin, Isotosin	Osmoregulasi, kontraksi otot licin	Pembuluh darah
6	Kelenjar interrenal	Kortisol, Kortikosteron	Respon stress, osmoregulasi	Usus, ginjal, insang
7	Sel kromafin	Epinefrin, neropinefrin	meningkatkan denyut jantung, vasodilasi, meningkatkan glukosa darah	Sistem peredaran darah
8	Corpuscle stannius	Stanniokalsin	Mencegah hiperkalsemia	?
9	Kelenjar ultimo branchial	Kalsitonin	Deposit kapur	?
10	Urofisis	Urotensin I	Sintesis steroid	Interrenal
		Urotensin II	Kontraksi jantung, kantung kemih, usus, penyerapan ion di usus	Banyak
11	Pankreas	Insulin	Menurunkan glukosa darah, merangsang glikogenesis	Semua sel
		Glukagon	Meningkatkan kadar glukosa darah, memobilisasi lemak	Hati, jaringan adiposa
12	Sistem renin-angiotensin	Angiotensin	Mengatur tekanan darah, membantu adaptasi dari air tawar ke air laut	Ginjal
13	Kelenjar tiroid	Tiroksin, triiodotironin	Meningkatkan laju metabolisme, esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan normal	Banyak
14	Kelenjar pineal	Melatonin	Adaptasi terhadap cahaya	?

Sumber: Zairin Jr, 2003

Hormon tiroksin telah lama dikenal memiliki peranan penting dalam perkembangan awal ikan. Peranan penting dari tiroksin adalah sebagai media absorpsi penyerapan kuning telur, pembentukan sirip dan rangka, metamorphosis, transformasi dari larva ke juvenile dan pertumbuhan. Hormon tiroksin ternyata juga mampu meningkatkan konversi dan efisiensi pakan. Suplementasi hormon tiroksin telah diujikan pada beberapa jenis ikan untuk meningkatkan kualitas induk agar dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas benih (Heppi dan Farizah, 2014).

### **3.5. Hormon untuk Reproduksi Ikan**

Beberapa jenis hormon yang potensial digunakan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan pada ikan dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (1) gonadotropin, (2) LHRH dan (3) steroid. Penjelasan tentang ketiga kelompok hormon ini adalah sebagai berikut:

#### **(1). Gonadotropin.**

Gonadotropin adalah hormon reproduksi dari golongan protein yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisa. Jika hormon yang digunakan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan adalah gonadotropin, maka organ yang dimanipulasi adalah gonad. Penggunaan hormon gonadotropin untuk merangsang ovulasi dan pemijahan relatif sudah lama digunakan. Hormon gonadotropin yang potensial untuk tujuan rangsangan pembiakan ikan terdiri atas (1) ekstrak kelenjar hipofisis, (2) gonadotropin semimurni dan (3) gonadotropin mamalia.

#### **a). Ekstrak Kelenjar Hipofisis (Hipofisasi)**

Ekstrak kelenjar hipofisis dapat digunakan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan ikan. Pemakaian ekstrak kelenjar hipofisis dalam merangsang ovulasi pada hewan ditemukan oleh peneliti dari Argentina yaitu Bernardo Alberto Houssay pada tahun 1931. Von Ihering dari Brazil mengembangkan teknik tersebut pada ikan pada tahun 1935, selanjutnya teknik ini menyebar ke manca negara. Hipofisasi di Indonesia dikembangkan oleh Dr. Atmadja Hardjamulia sejak tahun 1960-an. Teknologi ini sampai sekarang masih menjadi standar dalam pemijahan ikan-ikan yang sulit memijah secara alami.

Hipofisasi meraih banyak kesuksesan di Indonesia terutama penggunaan hipofisis ikan mas. Ikan-ikan yang berhasil dirangsang untuk ovulasi dengan teknik ini antara lain adalah patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*), patin jambal

(*Pangasius jambal*), balashark (*Balantiocheilus melanopterus*) dan ikan baung (*Mystus nemurus*).

Keunggulan hipofisasi dibanding dengan metode lain adalah (1) kelenjar hipofisis mudah didapat dan (2) harganya relatif murah. Hampir semua petani ikan dan pengusaha yang bergerak dibidang pembenihan ikan sudah mencoba teknik hipofisasi dengan menggunakan ekstrak kelenjar ikan mas. Beberapa kelemahan teknik hipofisasi adalah:

- (1) Dosis tidak dapat diketahui secara pasti karena kandungan hormon gonadotropin dalam kelenjar hipofisis bervariasi menurut tingkat kematangan gonad ikan donor. Hasil penelitian Billard (1989) menunjukkan kandungan hormon gonadotropin dari tiga kelompok ikan donor berbeda nyata yaitu masing-masing 17, 42 dan 90 µg GTH/mg hipofisis.
- (2) Pengerjaannya rumit karena harus mengambil kelenjar hipofisis, membuat ekstrak dan menyuntikkannya.
- (3) Gonadotropin bekerja pada reseptor yang spesifik. Kompatibilitas di antara hormon gonadotropin ikan donor dan ikan resipien. Hormon gonadotropin dari ikan donor tidak dapat dikenali oleh hormon gonadotropin dalam ikan resipien jika berbeda terlalu jauh.
- (4) Kemungkinan adanya efek imunitas. Hormon gonadotropin termasuk peptida berukuran besar (180 asam amino). Pemberian secara berulang dikhawatirkan akan mendorong terbentuknya antibodi sehingga pada pemberian berikutnya hormon tidak bekerja karena dieliminir oleh antibodi yang terbentuk.
- (5) Hormon yang disuntikkan dalam hipofisasi tidak hanya hormon gonadotropin tetapi termasuk hormon-hormon lain yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis seperti prolaktin, ACTH, TSH, somatotropin, MSH dan somatolaktin. Interaksi diantara beragam hormon ini kemungkinan dapat menimbulkan efek samping.

#### **b). Gonadotropin Semi-murni**

Gonadotropin semi-murni adalah gonadotropin yang diekstraksi dan dimurnikan dari kelenjar hipofisis. Gonadotropin semi-murni yang tersedia saat ini di pasaran adalah gonadotropin yang berasal dari ikan salmon atau ikan mas. Kelenjar hipofisis dari kedua jenis ikan ini diekstraksi dan dimurnikan karena banyak tersedia. Kelenjar hipofisis ikan salmon berukuran besar sehingga mudah dikumpulkan. Penggunaan hormon ini di Indonesia masih terbatas untuk penelitian. Penggunaan

hormon gonadotropin semi-murni ini memiliki kelebihan dibandingkan ekstrak kelenjar hipofisis, yaitu: (1) murni sehingga mudah disipakan, (2) dosis yang digunakan lebih tepat, (3) tidak ada efek samping dan (4) mudah digunakan. Beberapa kelemahan pemakaian gonadotropin semi-murni adalah (1) harganya sangat mahal, (2) sangat spesifik dan (3) kemungkinan adanya efek imunitas pada ikan resipien.

### **c). Gonadotropin Mamalia**

Gonadotropin yang berasal dari mamalia juga banyak digunakan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan pada ikan. Hormon *human chorionic gonadotropin* (hCG) merupakan hormon dari mamalia yang paling banyak digunakan dan biasanya dikombinasikan dengan ekstrak kelenjar hipofisis. Gonadotropin mamalia lainnya yang dapat digunakan adalah *luteinizing hormone* (LH), *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG). Ikan yang banyak disuntik dengan campuran hCG dan ekstrak kelenjar hipofisis adalah ikan Siam, patin jambal.

Kelebihan pemakaian gonadotropin mamalia antara lain adalah (1) dosis yang ditetapkan lebih tepat dan (2) mudah digunakan. Kelemahan pemakaian hormon ini adalah (1) harganya relatif mahal, (2) sangat spesifik dan (3) kemungkinan adanya efek imunitas pada ikan yang disuntik.

### **2). Luteinizing Hormone Releasing Hormone (LHRH)**

LHRH yang banyak digunakan adalah LHRH analog (a-LHRH). Kelebihan pemakaian a-LHRH adalah (1) membebaskan gonadotropin asli, (2) tersedia dalam bentuk murni, (3) spesifitasnya rendah, (4) kemungkinan efek samping kecil, (5) dosis yang digunakan rendah. Hormon ini masih memiliki kelemahan yaitu pada ikan tertentu terutama yang pemijahannya bersifat musiman, kelenjar hipofisis tidak selalu dapat berespon terhadap rangsangan a-LHRH yang diberikan.

### **3). Hormon Steroid**

Hormon steroid dapat merangsang pematangan gonad dan pemijahan pada  $17\beta$ -estradiol dan testosterone pada kerang *Placopecten magellanicus* (Wang & Croll, 2004; Wang & Croll, 2006). Hasil percobaan menggunakan hormon steroid pada ikan (*finfish*) untuk merangsang ovulasi dan pemijahan belum terlalu memuaskan. Pemakaian hormon ini misalnya pada lele dumbo (*Clarias gariepinus*).

Hormon potensial digunakan bila dikombinasikan dengan hormon gonadotropin. Penelitian dengan menggunakan hormon golongan ini pada *finfish* perlu tetap digiatkan.

## **BAB IV**

### **SISTEM ENDOKRIN DAN KONTROL HORMON PADA IKAN**

#### **4.1. Pengertian dan Istilah**

Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan oleh organ yang spesifik yang dilepaskan ke pembuluh darah untuk mempengaruhi organ yang lain baik dekat maupun jauh (Griffin dan Ojeda, 1988). Haviz (2013) menerangkan bahwa ada dua sistem yang terkait dengan fungsi ini, yaitu sistem endokrin dan sistem syaraf pusat yang saling berintegrasi dan mengontrol proses biologis. Beberapa istilah yang digunakan dalam sistem endokrin antara lain:

- (1) *Chemical messenger* adalah substansi yang diproduksi oleh sel secara eksogen atau endogen yang berperan dalam proses fisiologis terutama dalam kontrol aktivitas sel lain.
- (2) *Neurohormon* adalah hormon yang diproduksi oleh sel syaraf
- (3) *Neurotransmitter* adalah neurohormon yang berfungsi sebagai transsinaptis
- (4) *Neuromodulator* adalah hormon yang mengatur respon neuron ke neurotransmitter atau ke hormon lain.
- (5) *Pheromon* adalah *chemical messenger* yang dilepaskan oleh organ luar hewan untuk menstimulasi respon hewan lain dalam spesies yang sama.
- (6) *Growth factor* adalah substansi mitogenic yang bisa pada saat tertentu akan menjadi hormon.

Sistem endokrin terdiri atas beberapa kelenjar yang terletak di beberapa bagian tubuh. Organ-organ tersebut memproduksi hormon yang berbeda dengan fungsi yang berbeda pula. Morfologi umum dari kelenjar endokrin adalah berupa ductus. Ductus-ductus ini akan melepaskan sekretnya secara langsung ataupun tidak secara langsung sistem atau ductus lain (Griffin dan Ojeda, 1988).

#### **4.2. Kelenjar Endokrin**

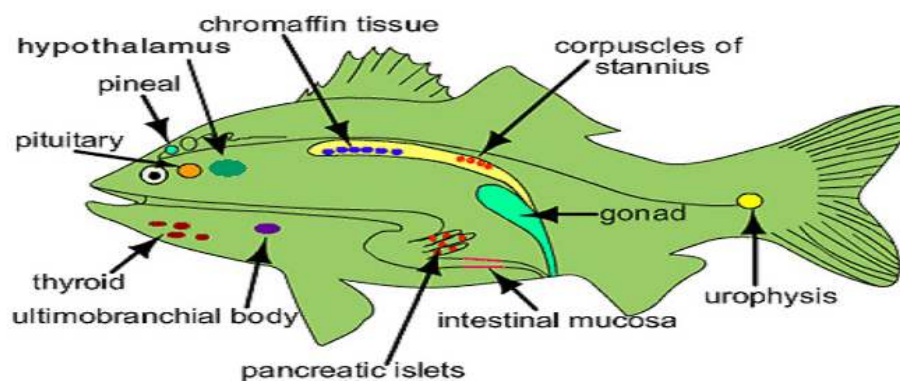
Kelenjar endokrin adalah sekelompok sel yang berfungsi mensekresikan senyawa kimia (hormon) dan mendistribusikan melalui peredaran darah menuju sel/jaringan/organ yang memerlukan (target). Hormon pada umumnya diproduksi oleh kelenjar endokrin saat dibutuhkan dan dalam jumlah sedikit, namun memiliki dampak respon yang luas.



Kelenjar endokrin atau sistem endokrin bekerja secara sinergis dengan sistem syaraf dalam melakukan fungsinya mengontrol dan mengkoordinasikan sistem-sistem dalam tubuh hewan. Kedua sistem ini merupakan cara utama tubuh menyampaikan informasi di antara sel, jaringan dan organ yang berbeda. Kedua sistem ini bekerjasama dalam rangka mempertahankan keadaan homeostatis tubuh, meskipun diantara keduanya memiliki perbedaan sifat.

Sistem endokrin bekerja dengan cara mensekresikan hormon sedangkan sistem saraf bekerja dengan mensekresikan neurotransmitter yang dihasilkan di ujung akhira saraf (*postsinapsis*). Perbedaan lainnya adalah respon sistem endokrin bekerja lebih lambat dengan potensial aksi membutuhkan beberapa menit hingga jam untuk memberikan tanggapan, sedangkan sistem saraf bekerja sangat cepat dengan potensial aksi dalam 2-3 milidetik. Aksi atau tanggapan sistem hormon lebih lama durasinya dibandingkan dengan sistem saraf. Contoh lama durasi ini adalah gerak refleks yang terjadi pada hewan dapat berlangsung dalam hitungan milidetik, namun proses pertumbuhan yang dipengaruhi hormon pertumbuhan berlangsung tahunan dalam melakukan fungsinya.

Kelenjar endokrin pada ikan terdiri atas (1) hipotalamus (*brain/otak*), (2) hipofisis (*pituitary*), dan (3) gonad seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kelenjar endokrin pada ikan: hipotalamus, *pituitary*/hipofisis, tiroid, pineal dan gonad, dan urofisis. Sumber: <https://www.dictio.id/t/apa-fungsi-kelenjar-endokrin-pada-ikan/106548>

Beberapa fungsi kelenjar endokrin adalah antara lain: (1) mensekresikan hormon yang dialirkan langsung ke dalam darah tanpa saluran khusus ke organ target yang memerlukannya, (2) merangsang aktivitas kelenjar tubuh, (3) mengontrol aktivitas kelenjar tubuh, (4) merangsang pertumbuhan jaringan, (5) mengatur

metabolisme, proses oksidasi, meningkatkan absorpsi glukosa pada usus, (6) mempengaruhi metabolisme protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral dan air, dan (7) memelihara lingkungan internal tubuh agar tetap optimal dan homeostatis.

Organ-organ endokrin disusun oleh sel-sel sekretori yang dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- 1) Sel-sel endokrin sejati. Kelompok sel ini dikenal pula dengan nama sel endokrin klasik, yang berfungsi sebagai penghasil hormon dengan bentuk yang khas tetapi tidak seperti sel saraf. Sel ini dapat berupa sel tunggal atau multisel. Sel kelenjar ini mensekresikan hormon langsung ke dalam peredaran darah. Tipe sel-sel ini dapat jumpai pada hewan yang memiliki sistem sirkulasi baik vertebrata, maupun avertebrata seperti krustasea dan moluska.
- 2) Neurosekretori. Sel-sel neurosekretori merupakan sel yang berbentuk seperti sel saraf tetapi mampu menghasilkan hormon. Sel-sel neurosekretori yang menghasilkan hormon disebut neuroendokrin yang beberapa diantaranya terdapat di hipotalamus.

#### **4.3. Karakteristik Sistem Hormon**

Hormon memiliki karakteristik unik dan berbeda dengan sistem-sistem lain di dalam tubuh. Karakteristik unik sistem ini adalah sebagai berikut:

- 1) Hormon memiliki pola sekresi yang pulsatif dan siklik dan bersifat naik turun pada kurun waktu tertentu.
- 2) Sekresi hormon bergantung pada substrat atau senyawa lain.
- 3) Hormon bekerja dengan mekanisme umpan balik baik positif maupun negatif. Mekanisme ini memungkinkan sekresi hormon akan memastikan kondisi tubuh dalam keadaan optimal untuk kelangsungan metabolismenya. Contoh mekanisme ini adalah kadar hormon testosteron dalam darah akan diatur dengan sistem umpan balik negatif, artinya jika kadarnya telah cukup atau naik, maka ada mekanisme menurunkan atau mempertahankan kadar testosteron dalam darah. Sebaliknya, bila kadar testosteron turun maka tubuh memberikan umpan balik agar dinaikkan.
- 4) Hormon bersifat dependen dan independen, artinya sekresi hormon dari satu kelenjar akan menginduksi sekresi hormon dari kelenjar lain.

- 5) Hormon hanya bekerja pada sel/jaringan/organ tertentu yang reaktif dan mempunyai reseptor yang spesifik.
- 6) Beberapa hormon memiliki pola sekresi diurnal yaitu kadarnya naik turun dalam periode 24 jam seperti hormon kortisol.

#### **4.4. Mekanisme Kerja Hormon**

Mekanisme kerja hormon dapat difahami dengan lebih dahulu memahami konsep komunikasi sel. Suatu sel berkomunikasi dengan sel lain melalui sinyal kimiawi. Sinyal kimiawi ini dapat berupa molekul kimia sederhana seperti derivat asam amino atau derivat asam lemak, atau berupa senyawa kompleks seperti peptida, protein atau steroid. Komunikasi biasanya terjadi antara sel di dalam jaringan atau organ, juga dengan jarak tertentu dalam rangka integrasi aktivitas sel atau jaringan di organ yang berbeda.

Komunikasi antar sel dapat terjadi bila permukaan/membran sel telah melakukan kontak atau ada substansi kimia yang terpisah dari permukaan sel atau molekul yang dapat melintas dari sitosol sel ke sel yang lain melalui tautan (*gap junction*). Komunikasi sel dengan sel dekatnya terjadi dengan membebaskan sinyal kimiawi di ekstraseluler menuju sel yang ada di sekitarnya. Mekanisme ini dinamakan parakrin atau sekresi lokal. Respon sel kadang-kadang timbul karena hasil sekresinya sendiri yang disebut autokrin. Apabila letak sel, jaringan, organ jauh dari sumber dilepaskannya sinyal kimiawi, maka molekul kimiawi pembawa pesan tadi dilewatkan melalui pembuluh darah untuk menuju organ target. Metode komunikasi ini dinamakan endokrin atau sekresi internal, dan hasil sekretnya disebut hormon.

Hormon memiliki tiga mekanisme kerja utama terhadap sel target, yaitu :

- 1). Mengubah permeabilitas saluran (membran) dengan bekerja pada protein saluran (protein kanal) yang sudah ada.
- 2). Bekerja melalui sistem pembawa pesan kedua (*second messenger*) untuk mempengaruhi aktivitas sel.
- 3). Pengaktifan gen spesifik untuk sintesis protein baru.

Hormon dalam bekerja juga membutuhkan reseptor spesifik. Reseptor umumnya adalah molekul protein dengan struktur tertentu sehingga hanya melakukan pengikatan dengan hormon/analog dengan struktur hormon tertentu.

Reseptor hormon terletak di membran sel/sitoplasma sel. Hormon yang dibebaskan ke dalam darah hanya akan bekerja pada sel atau jaringan tertentu yang mempunyai reseptor spesifik terhadap hormon tersebut.

Hormon berdasarkan lokasinya dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) Reseptor membran yang umumnya untuk hormon protein, peptida dan katekolamin.
- 2) Reseptor sitoplasma untuk steroid
- 3) Reseptor nukleus untuk tiroid dan steroid.

#### **4.5. Kontrol Hormon pada Ikan (*Finfish*)**

##### **4.5.1. Kontrol Hormon pada Reproduksi Ikan**

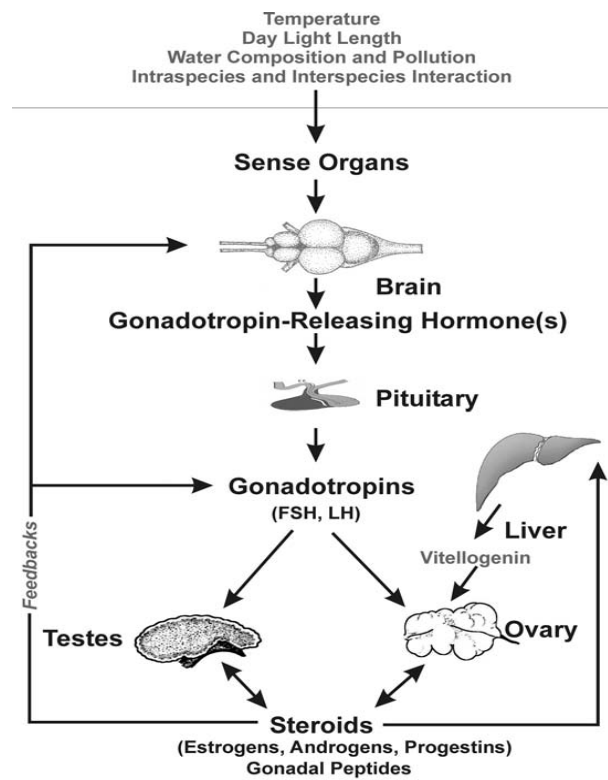
Keberhasilan proses reproduksi atau perkembangbiakan ikan merupakan faktor penting untuk keberlangsungan suatu spesies ikan dan menjaga kepadatan poulasinya di suatu ekosistem perairan. Ada tiga faktor yang terlibat dalam reproduksi ikan, yaitu: (1) sinyal lingkungan, (2) sistem hormon dan (3) organ reproduksi. Pada sistem hormonal, reproduksi ikan berada di bawah kontrol poros hipotalamus-hipofisis/pituitary-gonad (H-P-G *axis*). Reproduksi ikan mencakup dua proses penting yang berbeda secara mendasar, yaitu (1) pematangan gonad/maturasi, dan (2) ovulasi dan mijah (*spawning*).

##### **(1). Kontrol Hormon pada Pematangan Gonad Ikan**

Proses pematangan gonad pada ikan berlangsung sebagai berikut: sinyal lingkungan seperti perubahan suhu, hujan, petrikor (aroma alami yang dihasilkan saat hujan turun di tanah kering), dan substrat diterima oleh sistem saraf pusat (SSP) dan diteruskan ke hipotalamus di *brain/otak*. Hipotalamus merespon sinyal lingkungan dengan mensekresikan hormon *gonadotropin releasing hormone* (GnRH) yang selanjutnya bekerja pada *pituitary/hipofisis*.

Hipofisis merespon kerja hormon GnRH dengan mensekresikan hormon gonadotropin-I yang bekerja pada lapisan teka pada oosit sehingga lapisan teka mensintesis hormon testosteron, selanjutnya di lapisan granulosa testosteron tersebut diubah menjadi hormon  $17\beta$ -estradiol oleh enzim aromatase. Hormon  $17\beta$ -estradiol kemudian akan merangsang hati untuk mensintesis vitelogenin (bakal kuning telur). Vitelogenin yang diproduksi di hati selanjutnya dibawa oleh aliran darah ke gonad dan secara selektif akan diserap oleh lapisan folikel. Akibat menyerap

vitelogenin maka oosit akan tumbuh membesar sampai mencapai ukuran maksimum dan akhirnya menghentikan penyerapan. Kondisi ketika oosit sudah maksimum dan berhenti menyerap vitelogenin dari hati dikatakan bahwa kuning telur (*egg yolk*) telah berada pada fase dorman dan menunggu sinyal lingkungan untuk pemijahan. Rangkaian proses ini dapat diringkas seperti disajikan pada Gambar 2.

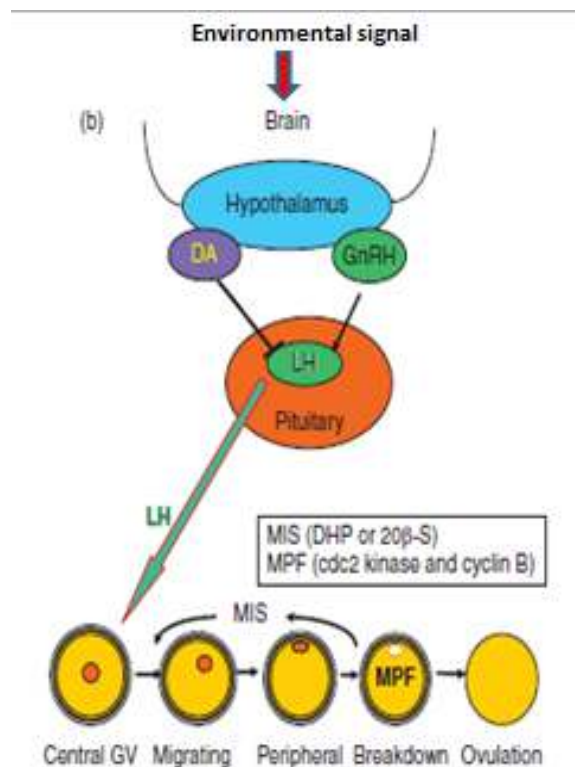


Gambar 2. Ringkasan proses pematangan gonad pada ikan.

## (2). Kontrol Hormon pada Proses Ovulasi dan Pemijahan Ikan

Proses ovulasi dan pemijahan pada ikan dapat diuraikan sebagai berikut: sinyal lingkungan seperti perubahan suhu, hujan, petrikor (aroma alami yang dihasilkan saat hujan turun di tanah kering) dan substrat diterima oleh sistem saraf pusat dan diteruskan ke hipotalamus. Hipotalamus memberi respon terhadap sinyal tersebut dengan mensekresikan hormon *gonadotropin releasing hormone* (GnRH) yang selanjutnya bekerja pada hipofisis. Hipofisis kemudian meresponnya dengan mensekresikan hormon gonadotropin-II yang selanjutnya bekerja pada lapisan teka oosit. Aktivitas gonadotropin-II mengakibatkan lapisan teka mensintesis hormon  $17\alpha$ -hidrosiprogesteron yang selanjutnya di lapisan granulosa hormon ini akan

diubah menjadi hormon  $17\alpha,20\beta$ -dihidrosiprogesteron (*maturation inducing steroid*, MIS) dengan bantuan enzim  $20\beta$ -hidroksi steroid dehidrogenase. Hormon *maturation inducing steroid* (MIS, steroid pemicu pematangan) akan merangsang pembentukan faktor perangsang kematangan (*maturation promotor factor*, MPF) yang akan menyebabkan inti telur bermigrasi ke arah mikrofil kemudian melebur yang disebut *germinal vesicle break down* (GVBD). Setelah proses peleburan ini (GVBD), lapisan folikel akan pecah dan telur dikeluarkan menuju rongga ovarium dalam proses yang disebut dengan **proses ovulasi**. Setelah proses ovulasi, telur dikatakan telah mencapai kematangan secara fisiologis dan siap dibuahi oleh sperma. Rangkaian proses ini dapat diringkas seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses ovulasi dan pemijahan pada ikan

#### 4.5.2. Kontrol Hormon pada Pertumbuhan Ikan

Hormon-hormon pertumbuhan berperan penting dalam mengatur pertumbuhan dan metabolisme pada ikan. Beberapa jenis hormon pemacu pertumbuhan dan metabolisme pada ikan antara lain adalah *growt hormone* (GH, hormon

pertumbuhan), *insuline-like growth factor-1* (IGF-1), hormon insulin dan hormon tiroid. GH adalah hormon utama yang berperan dalam pertumbuhan ikan. Hormon IGF-1 berfungsi sebagai perantara aksi GH dalam memacu pertumbuhan ikan. Hormon tiroid penting untuk pertumbuhan dan perkembangan normal ikan dan berperan dalam metamorfosis beberapa spesies ikan. Hormon tiroid bekerja secara sinergi dengan hormon lain dalam mengatur metabolisme tubuh ikan. Hormon tiroid memfasilitasi pelepasan GH dari sel-sel hipofisis dan meningkatkan pengambilan pakan (*food intake*). Hormon insulin pada ikan berperan ke arah metabolisme protein dan memacu inkorporasi/peleburan asam-asam amino ke protein jaringan.

Sekresi hormon pertumbuhan berada di bawah pengaruh multifaktor, baik yang bersifat merangsang maupun menghambat. Perangsang utama sekresi hormon pertumbuhan adalah *growth hormone releasing factor* (GRF), cGnRH-II/GnRH-Chicken II dan dopamin. Hormon kolesistokinin (CCK), *neuropeptide Y* (NPY) dan *tyrotropin releasing hormone* (TRH) juga menunjukkan potensi stimulasi GH. Hormon penghambat sekresi GH secara langsung adalah somatostatin, norepinefrin, dan serotonin.

#### **4.6. Endokrinologi Avertebrata Air**

Avertebrata air yang telah berhasil dibudidayakan sebanyak 27 jenis moluska (kekerangan dan siput), 15 jenis krustasea (udang-udangan) dan beberapa jenis ekinodermata (hewan berkulit duri, seperti teripang). Udang merupakan komoditas ekspor andalan yang bersumber dari budidaya disamping penangkapan, sedangkan dan ubur-ubur masih sepenuhnya mengandalkan hasil penangkapan di alam. Budidaya udang sudah cukup lama berkembang, teripang baru tahap awal dibudidayakan sedangkan ubur-ubur belum dibudidayakan.

Penggunaan hormon pada avertebrata air budidaya telah diujicobakan pada beberapa waktu belakangan ini. Kajian tentang endokrin (hormon), sistem endokrin dan aplikasinya pada avertebrata air budidaya relatif belum berkembang dibandingkan pada ikan *finfish*. Oleh karena itu, penelitian intensif tentang endokrinologi avertebrata air dan aplikasinya perlu terus digiatkan. Tulisan di bawah ini merupakan bagian dari upaya tersebut. Adanya kontrol hormon dalam beragam aktivitas hewan avertebrata seperti reproduksi, ganti kulit (*moulting*), perubahan warna dan perilaku telah lama diduga oleh para ahli biologi. Sel-sel neurosekretori

dalam otak diduga menjadi tempat utama sekresi hormon pada avertebrata. Neurosekretori dapat terjadi langsung ke cairan jaringan atau melalui organ neurohermal seperti pada serangga. Hormon pada avertebrata juga diproduksi oleh organ-organ bukan saraf seperti organ-organ pada arthropoda.

Regulasi hormonal untuk fungsi biologis memiliki karakteristik tersendiri dan umum untuk semua filum hewan, termasuk avertebrata. Strategi dasar dari sistem endokrin untuk mengatur proses biologis sebagian besar telah dilestarikan oleh masing-masing jenis. Komponen tertentu dari sistem endokrin yang digunakan dalam kelompok-kelompok yang berbeda secara sistem, karena telah mengalami evolusi dan perbedaan yang signifikan, sehingga terdapat perbedaan antara berbagai taksa biologis. Hal ini terutama berlaku untuk avertebrata dengan berbagai sistem sinyal kimia yang berbeda, dengan beberapa yang unik untuk filum tertentu. Beberapa kelompok avertebrata menggunakan setidaknya sebagian (misalnya, moluska prosobranch) atau seluruhnya (misalnya, echinodermata) hormon dibandingkan dengan vertebrata sehingga *vertebrate-type sex steroids* diproduksi dalam kelompok tersebut dan memainkan peran fungsional.

Namun, masih belum ada bukti yang kuat tentang peran steroid dalam sistem endokrin pada sebagian filum avertebrata. Sistem endokrin avertebrata umumnya mengatur proses yang sama seperti halnya pada vertebrata seperti pengembangan, pertumbuhan, dan reproduksi. Karena spesies avertebrata telah mengembangkan keragaman sejarah kehidupan dengan karakteristik tertentu seperti pembentukan larva, sering dengan serangkaian tahapan yang berbeda, metamorfosis, tahap istirahat yang tidak terjadi pada vertebrata, jelas bahwa sistem endokrin dari invertebrata jauh lebih beragam dari yang ditemukan pada vertebrata. Namun, Maslahahelyumna (2011) menyatakan bahwa sejumlah avertebrata tidak mempunyai organ khusus untuk sekresi hormon sehingga sekresinya dilaksanakan oleh sel neurosekretori, yang merupakan sumber hormon pada avertebrata.

Avertebrata menggunakan steroid, terpenoid dan hormon peptida, dan hormon-hormon adalah yang paling umum di dalam filum ini. Struktur sekretori pada avertebrata sering kali berasal dari neuronal sehingga disebut sebagai organ atau sel neurosekretori. Steroid seperti ecdysone dan steroid jenis vertebrata, khususnya terpenoid berbeda dari hormon peptida pada sifat fisik dan kimia serta kelarutan dan ketahanan terhadap degradasi (Oehlmann, 2003).



Hormon-hormon pada avertebrata berpengaruh pada siklus reproduksi dan pengaturan pertumbuhan yang tergantung pada faktor ekologi. Kontrol hormon pada beberapa kelompok avertebrata diuraikan di bawah ini.

#### **4.6.1. Kontrol Hormon pada Moluska**

Moluska merupakan jenis arthropoda yang memiliki jumlah spesies yang banyak, lebih dari 100.000 spesies yang masih ada. Terdapat sejumlah hormon yang terlibat dalam mengontrol proses reproduksi, pertumbuhan, metabolisme energi, sirkulasi darah dan air dan metabolisme ion dalam moluska. Pengetahuan tentang sistem endokrin kelompok moluska selain gastropoda dan cephalopoda (gurita, cumi-cumi) masih sedikit. Secara khusus, ada sedikit jurnal yang memuat informasi tentang endokrinologi kerang moluska (kerang, tiram, remis), meskipun dipandang pentingnya komersialisasi dari kelompok ini (Pinder, 1999).

Informasi tentang biologi dasar moluska, maupun pengetahuan tentang fisiologi reproduksi dan/atau endokrinologi dari gastropoda sangat terbatas. Pengetahuan ini hanya dapat diperoleh dari spesies Opisthobranchia tertentu (misalnya siput laut *Aplysia californica*) dan Pulmonata (misalnya siput air tawar *Lymnaea stagnalis*), yaitu beberapa neuropeptida yang dilepaskan dari ganglia visceral, ganglia otak, atau kelenjar prostat dari gastropoda (misalnya, *A. californica* dan *L. stagnalis*) seperti *egg-laying* hormone, ovulasi, atau *egg-releasing hormone*. Sedikit pengetahuan tentang fisiologi reproduksi dan/atau endokrinologi dari Prosobranchia yang telah diketahui (Horiguchi, 2006). Informasi yang ditampilkan bersifat fragmentaris dan oleh karena itu sulit untuk menyajikan gambaran umum tentang sistem endokrin moluska, khususnya mengingat berbagai mekanisme reproduksi pada gastropoda (Pinder, 1999).

Neurosekretori pada moluska memiliki pengaruh terhadap proses reproduksi. Variasi musiman dan sekresi dari sel neurosekretori pada moluska uji menunjukkan hormon mempengaruhi produksi telur dan sperma. Pada hewan gurita (*Octopus* sp) dari Kelas Cephalopoda ditemukan adanya kelenjar optik yang mengatur waktu pematangan seksual pada individu jantan dan betina. Kelenjar-kelenjar optik tersebut dipercaya mensekresikan hormon yang mengatur gonad di bawah kontrol saraf di otak. Sistem endokrin avertebrata belum didokumentasikan secara rinci sebagaimana

pada vertebrata, dan meskipun terdapat keragaman endokrinologi pada avertebrata, beberapa generalisasi dasar dapat dibuat, seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa hormon pada moluska dan fungsinya

Takson	Hormon-hormon yang dilaporkan & contoh proses yang dikontrol
Moluska	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ecdysteroids (<i>reported but role questionable</i>);</li> <li>2. Steroids (17<math>\beta</math>-estradiol, testosterone, progesterone, <i>sexual differentiation, reproduction in prosobranchs</i>);</li> <li>3. Terpenoid (JH <i>reported but role questionable</i>)</li> <li>4. Neuropeptide (APGW amide, <i>dorsal body hormone (DBH), sexual differentiation, gonad maturatuion, spawning</i></li> <li>5. Egg laying hormone (ELH), <i>spawning</i></li> <li>6. FMR Famide, <i>neuromodulation</i></li> <li>7. Molluscan Insulin-like peptides (MIPs), <i>growth, development, energy metabolism</i></li> </ol>

APGW-amide (Ala-Pro-Gly-Trp-NH<sub>2</sub>) dikenal sebagai modulator neurohormon di beberapa moluska yang terlibat dalam kegiatan motorik, makan, dan perilaku seksual. Hormon steroid seperti 17 $\beta$ -estradiol (E2), testosteron dan progesteron telah ditemukan di moluska dan ada bukti bahwa hormon tersebut merupakan suatu fungsi endokrin dan juga mungkin berperan dalam reproduksi (Keay *et al.* 2006). Neurohormon yang terlibat dalam proses reproduksi moluska meliputi APGW amida, hormon caudo dorsal sel (*cell dorsal caudo hormone*, CDCH), hormon tubuh dorsal (*dorsal body hormone*, DBH), hormon mijah/bertelur (*egg laying hormone*, ELH) dan *mollusks insulin-like peptides* (MIPS) (Smit *et al.*, 1996; Di Cosmo dan di Cristo, 2006). Neurohormonnya lainnya diproduksi oleh ganglia saraf (cerebral, visceral atau pedal) yang tergolong neuropeptida dan *neurosecretions aminergic* (dopamin, noradrenalin, serotonin). Efek stimulasi dari neurohormon pada pematangan seksual ditunjukkan pada moluska seperti *Mytilus edulis* (Mathieu *et al.*, 1991). Neurohormon mengaktifkan perkembangan gamet dan

vitelogenesis serta mengendalikan mekanisme penyimpanan energi dan proses pemijahan (Mathieu, 1994).

Kurniadi *et.al.* (2011) menyatakan bahwa salah satu contoh mengenai interaksi hormon dan saraf dalam pengontrolan fungsi reproduksi dan perilaku melibatkan hormon yang mengatur pengeluaran telur pada siput laut *Aplysia* sp. Hormon yang disekresikan oleh beberapa neuron khusus ini merangsang pengeluaran ribuan telur dan juga menghambat pengambilan makanan dan lokomosi, aktivitas yang mengganggu proses reproduksi. Pinder (1999) menjelaskan sistem endokrin pada Kelas Moluska sebagai berikut:

### **1. *Prosobranch Snails***

Kelompok siput ini merupakan kelompok yang paling primitif dan beragam serta menunjukkan variasi dalam hal bentuk dan habitat. Mayoritas adalah *gonochoristic* (hewan yang dapat dibedakan antara yang jantan dan betina karena memiliki perbedaan dalam hal bentuk morfologi, ukuran tubuh, dan warnanya). Sedikit hal yang diketahui dari kontrol endokrin reproduksi pada kelompok ini. Perhatian lebih diarahkan pada proses *seks reversal* dan kontrol endokrinnya. *Protandric seks reversal* (fase jantan menjadi betina dan fase ini dipisahkan oleh fase hermaphrodit) hanya terjadi pada spesies tertentu.

Faktor maskulinisasi dan feminisasi telah diidentifikasi/terdeteksi di hemolimf pada neuroendokrin. *Seks reversal*/alih kelamin kemungkinan terjadi setelah pelepasan faktor feminisasi oleh otak. Regresi aksesori organ seks jantan (saluran sperma, vesikula seminalis dan struktur terkait) tergantung pada faktor neurohormonal, seperti dedifferensiasi dari penis. Pelepasan faktor ini bertanggung jawab secara keseluruhan untuk modifikasi status seksual.

Peran prostaglandin E atau F dapat ditemukan pada pemijahan induk pada beberapa spesies siput laut dan memiliki efek yang sama pada moluska lainnya. Neurohormon A bertanggung jawab dalam hal pelepasan gamet, *egg capsule-laying substance* (ECLS).

### **2. *Opisthobranchia***

Gastropoda ini hanya terdapat di laut dan sebagian besar secara fungsional bersifat hermaphrodit. Penelitian terkait sistem endokrin telah difokuskan terutama pada *egg-laying hormone* pada spesies aplysiid. *Egg laying* pada *sea hare*, *Aplysia* sp

dikontrol oleh peptida yang dihasilkan oleh *bag cells* (BC), yang terletak pada marjin rostral ganglion perut, yang meliputi *egg-laying hormon* (ELH), peptida sel  $\alpha$ -bag dan calfluxin.

### **3. Pulmonata**

Kelompok ini terdiri dari dua ordo, siput air tawar (Basommatophora) dan siput darat (Stylommatophora). Semuanya bersifat hermaphrodit, tetapi dalam proses reproduksinya melibatkan kawin dan pertukaran sperma. Di antara semua jenis gastropoda ini, sistem endokrin pulmonata telah didokumentasikan dengan baik. Sejumlah pusat endokrinnya telah diidentifikasi.

#### **3.1. *The dorsal bodies***

Organ ini terdapat pada semua gastropoda air tawar dan diberi nama untuk posisi dorsal pada ganglia otak. *Mediodorsal bodies* (MDB) dapat disertai dengan *laterodorsal bodies* (LDB) pada beberapa spesies. Struktur DB mirip dengan yang telah dilaporkan untuk kelompok lain. Jaringan ini menghasilkan *dorsal body hormone* (DBH) dan mungkin juga merupakan bagian yang mensintesis steroid. *Ecdysone* telah terdeteksi pada DB dari paling sedikit dua jenis siput. DBH adalah hormon gonadotrophic betina yang merangsang pertumbuhan oosit (vitelogenesis) dan pematangan oosit akhir dan juga mengendalikan/menjaga *accessory sex organ* (ASO) betina (Pinder, 1999).

#### **3.2. *The Optik Tentacles***

Organ ini menghasilkan zat maskulinisasi yang diperlukan untuk diferensiasi gonad jantan, sementara pada betina berfungsi sebagai autodiferensiasi. Faktor maskulinisasi juga diproduksi oleh ganglion serebral (Pinder, 1999).

#### **3.3. *The Caudo-Dorsa Cells***

Jaringan ini terletak di bagian caudodorsal dari ganglia otak dan menghasilkan peptida yang terlibat dalam induksi dan pengendalian ovulasi, pembentukan massa telur dan perilaku bertelur pada pulmonat air tawar. Hormon *caudo-dorsal cell* (CDCH) merupakan contoh terbaik yang telah didokumentasikan. Peptida dari kelenjar ini dikeluarkan dalam jumlah besar hanya terkait dengan pemijahan. CDCH mempengaruhi *accessory sex organ* (ASO) betina (Pinder, 1999).

### **3.4. Lateral lobus**

Ganglia otak menghasilkan produk sekretori yang terlibat dalam mengendalikan pertumbuhan tubuh dan aktivitas reproduksi. Faktor ini menghambat *sel neurosecretory light green* (LGC) yang menghasilkan hormon pertumbuhan. Ganglia otak juga menghasilkan faktor *hyperglycaemic* yang menghambat sintesis glikogen dan merangsang kerusakan glikogen. Salah satu faktor *insulin-like* dihasilkan oleh dinding usus (Pinder, 1999).

### **3.5. Gonad**

Pada beberapa kelompok siput, gonad bertindak sebagai organ endokrin dan mampu mensintesis steroid. Pada pulmonata air tawar, *accessory sex organ* (ASO) betina dikendalikan oleh DBH, namun pengendalian ASO jantan belum terdokumentasi dengan baik (Pinder, 1999). Pada siput air tawar *Lymnaea stagnalis*, neuron di lobus lateral (kelenjar kecil yang menempel ke ganglia otak) mengatur pematangan sistem reproduksi betina dengan mengaktifkan sel-sel tubuh endokrin punggung dan sel caudodorsal. Untuk merespon hormon sel caudodorsal ini, oosit matang terletak dalam wilayah folikel vitelogenik dari ovotestis yang dilepaskan ke saluran hermaprodit tempat pembuahan terjadi. Pembentukan massa telur terjadi di kelenjar oothecal. Massa telur dilepaskan keluar tubuh hewan dan diendapkan pada substrat. Perilaku ini dipicu oleh sekresi dari hormon caudodorsal dan berhubungan dengan *egg laying* yang sangat kompleks dan terakhir terjadi selama kurang lebih 2 jam.

### **3.6. The light green cell system (LGC)**

Sel-sel neurosekretori ini terletak pada ganglia otak dan melepaskan neurohormon yang merangsang pertumbuhan, termasuk pertumbuhan pada kerang, protein dan metabolisme karbohidrat dan regulasi kalsium dan natrium. Setidaknya diproduksi empat peptida insulin terkait, *molluscan insulin-related peptides* (MIPs), yang berhubungan dengan anggota lain dari superfamili insulin (Pinder, 1999).

### **3.7. *The dark green cell system (DGC)***

Kelompok sel neurosekretori ini terutama terletak pada ganglia pleura dan menghasilkan faktor dengan efek diuretik dimana DGC merangsang diuresis. Hormon ini muncul secara struktural mirip dengan *vertebrate thyroid stimulating hormone-releasing hormone* (TRH). Faktor dengan efek natriuretik disekresikan oleh ganglia otak (Pinder, 1999).

### **3.8. *The yellow cells (YC) dan Yellow Green Cells (YGC)***

Jenis sel ini bereaksi terhadap lingkungan osmotik yang berbeda dengan cara yang mirip dengan DGC. Sel ini menghasilkan peptida *sodium influx simulating* (SIS) (Pinder, 1999).

## **4. Cephalopoda**

Semua cephalopod (Nautilus, cumi-cumi dan octopods) adalah gonochoristic. Kelenjar optiknya berada di bawah kontrol saraf inhibisi (oleh peptida FMR *Famide-like*) dan merangsang perkembangan gonad. Hormon kelenjar optik merangsang vitelogenesis dan pertumbuhan dan perkembangan ASO baik jantan maupun betina.

## **5. *Vertebrate-type steroids* pada Moluska**

Progesteron, androgen dan estrogen telah dilaporkan terdapat setidaknya pada tiga kelas moluska: cephalopoda, pelecypoda (kerang), dan gastropoda. Literatur yang diterbitkan menunjukkan distribusi luas steroid jenis vertebrata di antara spesies moluska. Meskipun demikian, peran fungsional spesifik untuk banyak steroid yang terdeteksi dalam moluska belum dapat dikaitkan.

Metode *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) dan *radioimmunoassay* (RIA) yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur steroid dalam jaringan moluska menunjukkan adanya progesteron, androstenedion, testosteron, 5 $\alpha$ -dihidrotosteron, estradiol-17 $\beta$  dan estrone pada kerang laut *Mytilus edulis*. Tidak ada kespesifikan seks yang teramati untuk steroid ini. Hal ini kemudian menunjukkan bahwa kadar progesteron pada kerang laut *Mytilus edulis* menunjukkan siklus tahunan yang berbeda di mana siklus ini mencapai puncaknya bertepatan dengan musim pemijahan. Tingkat progesteron yang ditemukan pada jantan dan betina menunjukkan progesteron dapat menjadi pelopor untuk hormon seks spesifik yaitu steroid. Pendekatan yang serupa telah digunakan untuk mengidentifikasi steroid

yang berhubungan dengan siklus fisiologis. Keberadaan hormon  $17\beta$ -estradiol dapat ditemukan pada gastropoda laut yaitu siput gonggong (*Laevistrombus tuturella*) (Muzahar *et al.*, 2019).

Bukti yang lebih spesifik untuk peran fungsional hormon steroid dalam fisiologi moluska telah dilaporkan oleh sejumlah studi. Kemampuan progesteron untuk menunjukkan penggabungan glukosa *radiolabelled* menjadi polisakarida secara *in vitro* pada cumi-cumi (*Sepia officinalis*).

Kelenjar nidamental bertanggung jawab untuk menyediakan komponen dari kapsul yang mengelilingi oosit matang dan peningkatan progesteron pada gonad *Sepia* sp. yang kenaikannya menunjukkan kematangan seksual. Peran hormon steroid seperti progesteron, testosteron dan  $17\beta$ -estradiol, bersama dengan masing-masing *protein binding* dengan afinitas tinggi, telah terdeteksi pada sistem reproduksi gurita *Octopus vulgaris*. Pada kerang Jepang, *Mizuhopecten yessoensis*, hormon  $17\beta$ -estradiol, progesteron dan testosteron telah terbukti memiliki efek stimulasi pada kedua oogenesis dan perkembangan testis. Hormon  $17\beta$ -estradiol juga meningkatkan dampak dari serotonin pada pelepasan telur dari ovarium dan telah terlibat dalam kontrol kadar katekolamin dalam gonad pada kerang *Patinopecten yessoensis*.

Beberapa hasil penelitian aplikasi hormon pada moluska memperkuat peran zat ini dalam reproduksi moluska seperti yang dilaporkan oleh Wang dan Croll (2006) yang menggunakan hormon  $17\beta$ -estradiol dan testosteron terbukti memicu pemijahan kerang *Placopecten magellanicus*. Induksi hormonal dengan menggunakan hormon  $17\beta$ -estradiol dilaporkan dapat menginduksi kematangan gonad dan pemijahan kerang laut *Placopecten magellanicus* (Wang dan Croll 2004; Wang dan Croll, 2006). Penyuntikan  $17\beta$ -estradiol dilaporkan juga secara signifikan meningkatkan diameter oosit dan kandungan vitelin pada gonad betina tiram *C. gigas*, serta pada kerang *Patinopecten yessoensis* (Li *et al.* 1998; Osada *et al.* 2003). Hasil penelitian Muzahar *et al.* (2019) dengan menggunakan kombinasi hormon LHRH-a dan antidopamin mampu merangsang pemijahan siput gonggong (*Laevistrombus tuturella*).

#### 4.6.2. Kontrol Hormon pada Krustasea (Udang)

Golongan krustasea yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah udang dan kepiting. Uraian berikut ini menyajikan tentang beberapa hormon yang terlibat dalam proses reproduksi udang dan kepiting. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengeksport udang hasil budidaya yang terbesar di dunia. Jenis udang udang yang dibudidayakan di Indonesia antara lain adalah udang windu (*Penaeus monodon*), udang putih (*Litopenaeus vannamei*), udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) dan lobster air tawar (Parastacidae). Budidaya udang mencapai jayanya sekitar tahun 1980-1990-an terutama di pantai utara Pulau Jawa.

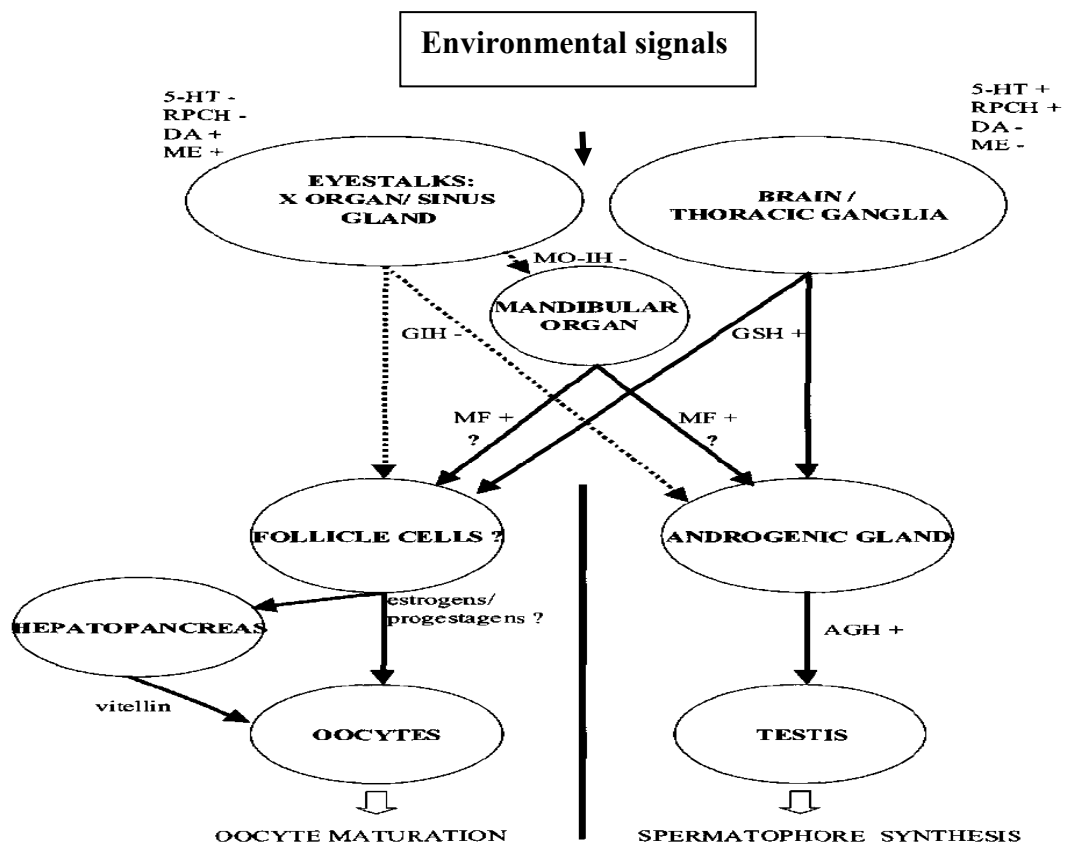
Hormon berperan penting dalam beragam proses metabolisme, reproduksi, ganti kulit (*molting*) pada udang. Hormon hiperglikemik krustasea/*crustacean hyperglycemic hormone* (CHH) terlibat dalam regulasi gula darah dan berperan dalam pengendalian molting dan reproduksi. *Gonadotropin inhibiting hormone* (GIH), juga dikenal sebagai *vitellogenesis inhibiting hormone* (VIH) karena perannya dalam menghambat vitelogenesis pada udang betina.

*Mandibula organ-inhibiting hormone* (MOIH) merepresi sintesis *metil farnesoate* (MF) yang merupakan prekursor hormon hewan fase remaja di organ mandibula. *Molt inhibiting hormone* (MIH) berperan menghambat organ-Y tempat hormon molting (ekdisteroid) disekresikan. Perkawinan (*mating*) pada udang vannamei terjadi setelah ovarium udang betina matang yang terlihat berwarna orange dan mengeluarkan feromon. Keberadaan feromon merangsang udang jantan untuk mendekati betina sehingga terjadi perkawinan. Sperma yang dikeluarkan /ditempelkan pada telikum bagian luar, sehingga 1-2 jam kemudian udang betina akan segera mengeluarkan telur dan terjadi pembuahan (Wyban dan Sweeney, 1991).

Organ reproduksi udang windu jantan terdiri atas organ internal (vas deferens, terminal ampula) dan organ eksternal (petasma, pada kaki jalan ke-5) dan pada udang betina terdiri atas organ internal (ovarium dan saluran telur) dan organ eksternal (telikum, pada kaki jalan ke-3). Organ lain yang berperan dalam kontrol proses reproduksi adalah (1) tangkai mata/*eyestalk* tempat adanya organ-X yang mensekresikan *gonadotropin inhibiting hormone* (GIH), (2) otak/*brain* dan kelenjar non-neural yang memegang peran penting dalam sistem endokrin krustasea yaitu organ-Y yang terletak di mandibular tubuh yang berfungsi mensekresikan *growth stimulating hormone* (GSH), (3) sel telur mensekresikan hormon estradiol dan



testosteron dan (4) hepatopankreas (hati) mensekresikan vitelogenin (bakal kuning telur). Proses perkembangan gonad pada udang windu adalah sebagai berikut: sinyal lingkungan diterima oleh sistem saraf pusat. Akibat adanya rangsangan lingkungan maka sistem saraf pusat memerintahkan otak untuk mensekresikan hormon *gonado stimulating hormone* (GSH) yang selanjutnya bekerja di kelenjar androgen (pada udang jantan) dan sel-sel folikel (pada udang betina). Selain itu, akibat kerja *mandibula organ-inhibiting hormone* (MOIH) yang disekresikan oleh organ-X ke mandibula maka organ-Y yang terletak di mandibular mensekresikan methyl farnesoat (MF) yang selanjutnya juga bekerja pada kelenjar androgen dan sel folikel. Akibat kerja GSH dan MF maka folikel melepaskan estrogen ke hepatopankreas (hati) dan sebagai responnya hati mensekresikan vitelin/vitelogenin ke oosit sampai maksimal dan oosit disebut telah matang (*oocyte maturation*). Pada udang jantan, akibat kerja GSH dan MF maka kelenjar androgen mensekresikan *androgenic gland hormone* (AGH) yang selanjutnya bekerja pada testis dan sebagai responnya testis mensintesis spermatofor. Mekanisme ini dapat diringkas seperti disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme kontrol hormon pada pematangan gonad udang windu

Beberapa hormon pada udang menghambat proses pematangan gonad. Mekanisme penghambatan tersebut adalah sebagai berikut: sinyal lingkungan diterima oleh sistem saraf pusat udang. Akibat adanya rangsangan sinyal tersebut, sistem saraf pusat memerintahkan organ-X yang terletak di tangkai mata untuk menghasilkan hormon *gonado inhibiting hormone* (GIH). GIH sebelum dilepaskan ke organ sasaran disimpan lebih dahulu dalam kelenjar sinus yang juga terletak di tangkai mata. Akibat kerja GIH maka sel-sel folikel tidak dapat mensintesis hormon estrogen untuk pematangan oosit, serta menghambat kerja kelenjar androgen pada udang jantan, akibatnya proses perkembangan testis terhambat. Jadi GIH secara langsung adalah menghambat perkembangan kelenjar androgen pada udang jantan dan kelenjar ovarium pada betina sehingga sperma dan telur terhambat perkembangannya.

Pengetahuan tentang endokrinologi pada udang sangat membantu dalam kegiatan penyediaan induk udang matang gonad. Pengetahuan hormon GIH yang disekresikan oleh organ-X di tangkai mata udang menginspirasi lahirnya teknik ablasi (pemotongan salah satu tangkai mata udang) untuk memacu pematangan gonad udang. Udang betina yang kehilangan tangkai matanya karena ablasi akan kehilangan kemampuannya untuk menghambat perkembangan gonad akibat terhentinya produksi GIH sehingga udang matang gonad dalam waktu yang singkat. Teknik ablasi sampai saat ini masih diandalkan sebagai langkah stimulasi pematangan gonad dan pemijahan induk udang di panti-panti benih udang. Teknik ablasi dan disinfeksi yang dilakukan pada tangkai mata induk udang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknik ablasi dan disinfeksi pada tangkai mata udang.  
Sumber: koleksi pribadi

Iromo dan Farizah (2014) menguraikan tentang hormon tiroksin pada golongan kepiting sebagai berikut: upaya deteksi keberadaan hormon tiroksin pada induk kepiting bakau dilakukan dengan metode analisis yang cepat, sensitif dan spesifik yaitu *enzyme linked immunosorbent assay* (ELISA).

Keuntungan dari teknik analisis ini adalah sangat sensitif dan spesifik dengan menggunakan antibodi, dan waktu analisisnya cepat, baik pada contoh tunggal maupun banyak. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hormon tersebut terdapat di hemolimfa, hepatopankreas, dan ovarium pada setiap tingkatan kematangan ovarinya dengan jumlah yang signifikan.

Hal ini menunjukkan bahwa hormon tiroksin terdapat pada setiap tingkatan vitelogenin. Konsentrasi hormon tiroksin pada sampel ovarium, hepatopankreas dan hemolimfa disetiap tahapan perkembangan ovarium (I-III) menunjukkan nilai yang berbeda. Konsentrasi hormon tiroksin induk kepiting meningkat tajam pada ovarium dan hemolimfa pada proses vitellogenesis tahap I sampai tahap III, sebaliknya pada hepatopankreas konsentrasi hormon tiroksin menurun dari tahap I sampai tahap III.

Jumlah konsentrasi hormon tiroksin dari hemolimfa induk kepiting selama pematangan meningkat dari vitelogenesis I sampai III ( $8.50 \pm 2,17$ - $15,33 \pm 7.20$  ng / ml) demikian pula pada ovarium, konsentrasi hormon tiroksin juga meningkat dari vitelogenesis I sampai III ( $18,47 \pm 2,06$ - $42,27 \pm 3,17$  ng/ml). Pada hepatopankreas, perkembangan konsentrasi hormonnya berbeda.

Selama proses pematangan konsentrasinya menurun dari vitelogenesis I sampai III ( $108,43 \pm 1,91$ - $39,73 \pm 5,31$  ng/ml). Berdasarkan analisis varians tingkat konsentrasi hormon tiroksin pada hemolimfa, hepatopankreas dan ovarium menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Perkembangan ovarium mulai dengan proses vitelogenesis, adalah proses pembentukan kuning ditandai oleh deposisi vitelogenin ke sel telur.

Vitelogenin disekresikan ke hemolimfa dan dibawa ke sel telur yang akan disintesis menjadi kuning telur. Konsentrasi hormon tiroksin meningkat selama awal perkembangan embrio dan kemudian menurun seiring selesainya penyerapan kuning telur. Selama awal kehidupan kadar hormon tiroksin meningkat secara bertahap dan secara signifikan selama transformasi ke tahap remaja.

Berdasarkan hasil pengujian pada ketersediaan hormon tiroksin kepiting bakau itu telah mendeteksi adanya hormon ini dalam proses vitelogenesis dari induk.

Hormon tiroid secara tidak langsung membantu dalam penyerapan kuning telur. Hormon tiroksin dapat dengan mudah masuk ke dalam sel target melalui dinding sel (membran plasma) dengan cara transpor aktif (Iromo dan Farizah, 2014).

## **BAB V**

### **PENERAPAN ENDOKRINOLOGI DALAM PERIKANAN BUDIDAYA**

Kontrol reproduksi pada ikan berada di bawah kontrol poros hipotalamus-hipofisis-gonad. Ketiga kelenjar hormon ini menghasilkan hormon-hormon yang berfungsi sebagai mediasi kimiawi sinyal lingkungan ke organ reproduksi. Hormon-hormon yang dihasilkan oleh ketiga kelenjar ini bekerja secara bertingkat yaitu di hipofisis, gonad dan hati. Oleh karena sinyal lingkungan dalam budidaya relatif susah disiapkan oleh manusia atau biayanya mahal, maka pemberian hormon dari luar merupakan alternatif pemecahan masalah. Manipulasi hormonal yang biasa dilakukan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan ikan di lingkungan budidaya biasanya dilakukan pada tingkat kelenjar hipofisis dan gonad. Uraian di bawah ini menjelaskan jenis hormon dan teknik penerapannya dalam manipulasi hormon terhadap ikan di lingkungan budidaya dan upaya domestikasi ikan.

#### **5.1. Manipulasi Hormonal untuk Ovulasi dan Pemijahan**

##### **1. Hipofisasi**

Pemanfaatan endokrinologi untuk budidaya ikan di Indonesia pertama kali adalah penerapan teknik hipofisasi pada tahun 1961 ketika Lembaga Penelitian Perikanan Darat (LPPD) Bogor merintisnya. Hipofisasi adalah upaya penyuntikan ekstrak kelenjar hipofisis ikan donor kepada ikan resipien dengan tujuan untuk merangsang ovulasi dan atau pemijahan pada ikan resipien. Teknik hipofisasi awalnya diterapkan pada ikan tawes, nilem dan beberapa jenis ikan liar dari perairan Sumatera Selatan. Ekstrak kelenjar hipofisis selain mengandung hormon gonadotropin juga mengandung hormon lain seperti hormon pertumbuhan, somatolaktin, prolaktin. Penerapan hipofisasi pada ikan diharapkan akan meningkatkan kandungan gonadotropin di dalam tubuh ikan resepien sehingga ikan tersebut akan terangsang untuk berovulasi dan memijah. Teknik ini berhasil dengan mudah diterapkan pada ikan mas, lele, tawes, patin dan nilem namun pada jenis ikan lain belum sepenuhnya berhasil.

Ikan mas terutama yang jantan merupakan pilihan utama dalam hipofisasi karena murah dan mudah diperoleh. Ikan mas dikenal sebagai donor universal dalam hipofisasi karena terbukti ampuh merangsang ovulasi berbagai jenis ikan air tawar.

Ekstrak kelenjar ikan mas selain ampuh untuk ikan-ikan Siprinid yang satu genus dengannya juga ampuh untuk ikan lain seperti ikan patin dan lele. Semakin dekat kekerabatan ikan dalam penerapan hipofisasi biasanya semakin baik hasil yang diperoleh. Ada dua jenis hipofisasi yang biasa dikenal, yaitu: 1) hipofisasi homoplastik dan 2) hipofisasi heteroplastik. Hipofisasi homoplastik adalah hipofisasi yang menggunakan ikan donor dan ikan resipien, misalnya penyuntikan ekstrak hipofisis ikan mas ke ikan mas, ikan patin ke ikan patin. Hipofisasi heteroplastik adalah hipofisasi yang menggunakan ikan donor yang berbeda dengan ikan resipien, contohnya penyuntikan ekstrak hipofisis ikan mas ke ikan lele atau ke ikan patin. Hasil terbaik diperlihatkan oleh hipofisasi homoplastik karena hormon gonadotropin yang diberikan berasal dari jenis ikan yang sama. Teknik hipofisasi kurang cocok diterapkan pada ikan yang harganya mahal karena akan mengorbankan ikan yang mahal untuk diambil kelenjar hipofisisnya.

Dosis penyuntikan dalam hipofisasi yang lazim diterapkan di Indonesia adalah perbandingan antara bobot bobot ikan donor dan bobot ikan resipien. Contoh penerapan dosis ini adalah penyuntikan 3 dosis pada ikan patin, artinya untuk 1 kg resipien ikan patin dibutuhkan kelenjar hipofisis yang berasal dari donor seberat 3 kg. Dosis yang diberikan bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh musim pemijahan. Dosis penyuntikan dapat diturunkan menjadi 1 dosis atau bahkan kurang pada saat puncak musim pemijahan.

Hipofisasi heteroplastik dapat menjadi pilihan untuk menekan biaya dengan syarat hubungan kekerabatan dekat antara ikan donor dan resipien karena kerja hormon dalam ekstrak hipofisis umnya masih baik dan dapat direspon oleh ikan resipien. Ekstrak kelenjar hipofisis dalam penerapan hipofisasi heteroplastik biasanya dikombinasikan dengan hormon gonadotropin lain seperti *human chorionic gonadotropin* (hCG) dengan tujuan meningkatkan keberhasilan ovulasi dan pemijahan.

## **2. Analog LHRH**

Penggunaan ekstrak kelenjar hipofisis memiliki keterbatasan antara lain karena kandungan hormon dalam ekstrak tersebut yang beragam tidak hanya gonadotropin sehingga dapat memiliki efek samping pada ikan resipien. Penggunaan a-LHRH (analog-*luteinizing hormone releasing hormone*) mulai dirintis untuk merangsang ovulasi dan pemijahan ikan pada tahun 1980-an. Hormon a-LHRH berfungsi

merangsang sekresi hormon gonadotropin dari kelenjar hipofisis yang selanjutnya akan merangsang terjadinya ovulasi dan pemijahan. LHRH adalah hormon dari golongan protein yang dihasilkan oleh hipotalamus. Hormon ini tersusun oleh molekul yang sangat kecil yaitu 10 asam amino (dekapeptida) dibandingkan dengan golongan hormon protein lain. LHRH sebenarnya sama persis dengan GnRH, namun karena waktu paruh LHRH pendek sehingga mudah terurai di dalam tubuh maka para ahli membuat LHRH sintetis yang lebih tahan. LHRH jenis inilah yang disebut LHRH-analog (a-LHRH). Apabila hormon yang diberikan pada ikan adalah a-LHRH maka manipulasi yang dilakukan berada pada tingkat hipofisis.

Penggunaan a-LHRH yang banyak dilakukan terhadap ikan-ikan di Indonesia adalah dengan pemakaian ovaprim® yang komposisinya terdiri atas a-LHRH dan antidopamin (domperidone). Antidopamin digunakan untuk meningkatkan efektifitas a-LHRH karena sekresi hormon gonadotropin pada ikan berada di bawah kontrol ganda antara LHRH dan antidopamin.

## **5.2. Manipulasi Harmonal untuk Pematangan Gonad**

Ikan di habitat alamnya akan mengalami pematangan gonad setelah mendapat sinyal lingkungan yang tepat untuk pematangan gonad. Sinyal-sinyal lingkungan tersebut umumnya datangnya musiman. Sinyal-sinyal tersebut di dalam wadah budidaya biasanya hilang. Kegiatan budidaya juga merupakan aktivitas yang ingin terlepas dari musiman. Pematangan gonad diluar musim bagi ikan-ikan yang bersifat musiman merupakan suatu keharusan.

Upaya pematangan gonad di dalam wadah budidaya yang pernah dicoba di Indonesia adalah dengan stimulasi hormonal pada ikan patin, ikan bandeng, ikan belida, ikan balashark (Zairin dkk., 1996; 1997; Zairin, 2002) dan ikan kerapu. Ikan bandeng dan kerapu setelah beberapa generasi dipelihara, akibat domestikasi, ikan tersebut sekarang sudah dapat dipijahkan secara spontan di dalam wadah budidaya.

Hormon yang digunakan untuk tujuan pematangan gonad, adalah kombinasi antara 17 $\alpha$ -metiltestosteron dan a-LHRH (Crim, 1991). Kedua jenis hormon ini diberikan melalui implantasi yang tujuannya agar dilepaskan secara perlahan-lahan. Implant dibuat dengan menggunakan pellet-kolesterol. Hormon 17 $\alpha$ -metiltestosteron fungsinya untuk meningkatkan sintesis gonadotropin dan meningkatkan sensitifitas

kelenjar hipofisis terhadap stimulasi a-LHRH. A-LHRH sendiri fungsinya adalah untuk mendorong sekresi gonadotropin dari kelenjar hipofisis.

Penggunaan pellet kolesterol ternyata memiliki beberapa kelemahan, antara lain (1) pelepasan hormon agak cepat, (2) dosis kurang tepat, dan (3) sering menimbulkan luka. Untuk itu dicari cara yang lebih baik, misalnya penggunaan emulsi W/O/W (Tjendanawangi *et al.*, 2000) dan kopolimer (Zohar, 2001). Pellet kolesterol paling banyak digunakan karena mudah.

### **5.3. Sex Reversal pada Ikan Non Hermaprodit**

Dalam budidaya ikan dikenal pula budidaya ikan monoseks (monosex culture) jantan atau betina. Budidaya monoseks dilakukan untuk (1) memperoleh pertumbuhan yang lebih cepat (2) untuk mengendalikan pemijahan liar dan (3) untuk mendapatkan penampilan yang lebih baik. Sebagai contoh, ikan mas betina tumbuh lebih cepat dari jantannya; sebaliknya ikan nila jantan tumbuh lebih cepat dari betinanya. Pemeliharaan ikan nila secara campuran antara jantan dan betina menyebabkan reproduksi yang tidak terkendali sehingga jumlah ikan banyak tetapi ukurannya menjadi beragam. Akibatnya harga ikan akan jatuh.

Ikan hias jenis tertentu seperti congo tetra (*Micralestes interruptus*), cupang (*Betta Splenden*), dan rainbow, ikan jantannya memiliki warna yang lebih baik dan harga yang lebih tinggi sehingga ikan jantannya lebih diinginkan. Populasi ikan yang monoseks dapat diperoleh dengan teknik alih kelamin (sex reversal). Teknik alih kelamin yang diterapkan di Indonseia ada dua yaitu, maskulinisasi untuk menghasilkan jantan, serta feminisasi untuk menghasilkan betina. Maskulinisasi dilakukan dengan menggunakan  $17\alpha$ -metiltestosteron (Zairin dkk, 2002) dan feminisasi dilakukan dengan menggunakan estradiol  $17\beta$  (Kim et al 2002). Aplikasi di lapangan sudah dilakukan untuk produksi benih ikan nila jantan secara masal, sementara aplikasinya untuk ikan hias sedang dicoba.

Teknik ini berhasil digunakan untuk ikan hias contohnya ikan guppy jantan. Perendaman induk bunting selama 24 jam di dalam 2 ppm larutan  $17\alpha$ -metiltestosteron menghasilkan anakan yang 100% jantan (Zairin dkk, 2002). Pengembangan teknologi alih kelamin di Indonesia dipelopori oleh Laboratorium Pengembangbiakan dan Genetika Ikan, FPIK IPB.



#### **5.4. Sex Reversal pada Ikan Hermaprodit.**

Beberapa jenis ikan, terutama ikan laut, mengalami peralihan status kelamin dari jantan menjadi betina (hermaprodit protandri) atau dari betina menjadi jantan (hermaprodit protogini). Pengadaan induk jantan pada ikan hermaprodit protogini, dan induk betina pada ikan hermaprodit protandri memerlukan waktu yang lama karena harus berganti kelamin terlebih dahulu. Pada ikan yang hermaprodit protogini seperti kerapu, pemberian hormone  $17\alpha$ -metiltestosteron dapat memperpendek masa yang diperlukan untuk pembentukan jantan. Ikan kerapu *Epinephelus septemfasciatus* yang berukuran 2kg, implantasi 2mg  $17\alpha$ -metiltestosteron/kg ikan menyebabkan peralihan ke jantan fungsional dua bulan setelah perlakuan. Tanpa perlakuan, ikan yang sama memerlukan waktu lebih dari setahun untuk menjadi jantan (Tanaka *et al.*, 2000). Pada ikan hermaprodit protandri seperti ikan kakap, pemberian hormone estradiol- $17\beta$  akan memperpendek rentang waktu yang diperlukan untuk pembentuksn betina.

#### **5.5. Metamorfosa Larva Ikan**

Salah satu tujuan dalam budidaya ikan adalah mendapatkan tingkat kelangsungan hidup benih yang tinggi. Di sisi lain, fase larva adalah fase yang paling peka dan rawan kematian. Pada fase ini, terjadi penyerapan kuning telur untuk pembentukan organ dalam dsb. Ketika kuning telur habis, ikan harus mendapatkan pakan dari luar yang cocok dengan bukaan mulutnya. Penyerapan kuning telur diharapkan lebih banyak digunakan untuk membangun organ tubuh, dan sedikit yang digunakan untuk energy pergerakan dan sebagainya. Selain itu, selama metamorfosa, diharapkan pembentukan organ dalam seperti saluran pencernaan, gelembung renang dsb dapat berlangsung cepat. Pemberian hormon tiroksin dan triiodotironin dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut (De Jesus *et al.*, 1993)

Pemberian hormon tiroid, baik tiroksin dan triiodotironin, serta kombinasinya dengan kortisol pada beberapa jenis larva ikan dapat meningkatkan derajat kelangsungan hidup larva ikan. Karena efisien dalam menggunakan energy kuning telur, maka diharapkan larva yang diperoleh adalah larva yang berukuran besar. Perendaman larva ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) di dalam larutan 0.1 ppm tiroksin meningkatkan derajat kelangsungan hidup larva (Zairin, 2000).

Perbaikan pertumbuhan benih ikan dapat dilakukan menggunakan hormon tiroid, dan hormon pertumbuhan (*growth hormone*, GH). Salah satu jenis hormon tiroid yang berperan penting dalam metabolisme dan metamorfosis ikan adalah hormon tiroksin (T4). Perbaikan pertumbuhan benih ikan dapat dilakukan menggunakan hormon tiroid, dan hormon pertumbuhan (*growth hormone*, GH). Salah satu jenis hormon tiroid yang berperan penting dalam metabolisme dan metamorfosis ikan adalah hormon tiroksin (T4) (Sudrajat *et al.*, 2013).

### **5.6. Pertumbuhan Ikan**

Penggunaan hormone secara langsung untuk memacu pertumbuhan ikan-ikan budidaya untuk dikonsumsi manusia nampaknya masih menjadi perdebatan. Masih ada pertanyaan apakah residu atau hormon itu sendiri masih tertinggal pada ikan jika dikonsumsi. Untuk memacu pertumbuhan beberapa alternative yang dapat dilakukan, misalnya dengan memacu sekresi hormon endogenus pada ikan melalui manipulasi pakan dan lingkungan ikan. Produksi dan sekresi hormone endogenus (Peter and Marchant, 1995; Mommsen, 2001) dapat dipacu melalui pengaturan komponen-komponen dalam pakan. Pendekatan awal yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan diatas melalui strategi pengaturan nutrient pada pakan ikan. Tetapi pengaturan nutrient harus dilakukan dengan mempertimbangkan perubahan faktor-faktor yang memegang peranan penting dalam regulasi pertumbuhan, dimana sistem endokrin pada ikan sangat sensitive terhadap pengambian nutrient. Pengaruh manipulasi pakan terhadap kadar hormon yang beredar secara umum telah diuji. Pengambilan nutrient mempengaruhi transport hormon dalam darah, aktifasi dalam jaringan peripheral, pengikatan pada reseptor, dan jalur neuroendokrin yang mengatur sekresi hormon.

Hormon pertumbuhan juga merupakan salah satu hormon yang diperlukan untuk adaptasi di air laut. Layak untuk dikaji apakah sintesis dan sekresi hormon pertumbuhan dapat diaktivasi dengan memanipulasi kadar garam media hidup ikan. Beberapa petani mempraktekkan pemeliharaan ikan guppy pada salinitas rendah (1ppt) untuk mempercepat pertumbuhan.

Pada salinitas rendah ada dua kemungkinan yaitu :

1. Energi untuk osmoregulasi kecil sehingga lebih banyak untuk pertumbuhan; atau
2. Sel-sel hormone pertumbuhan menjadi aktif mensintesis dan mensekresi hormon sehingga pertumbuhan lebih cepat.

### 5.7. Domestikasi Ikan

Agar budidaya suatu komoditas baru dapat berkembang dengan baik, maka kontinuitas pengadaan benihnya harus terjamin. Artinya, upaya domestikasi spesies-spesies lokal yang berasal dari air tawar dan air laut yang memiliki potensi komersial perlu dilakukan. Spesies lokal yang memiliki nilai komersial sebagai ikan konsumsi antara lain adalah ikan semah (*Tor*), ikan patin jambal (*Pangasius sp*), ikan baung (*Mystus nemurus*), ikan jelawat (*Leptobarbus*), ikan kerapu (*Epinephelus*) dll. Beberapa jenis lainnya potensial sebagai ikan hias misalnya ikan botia (*Botia macrachanta*) dan ikan balashark (*Balantiocheilus melanopterus*). Di laut, Indonesia memiliki 30 famili ikan hias laut dengan jumlah spesies tidak kurang dari 150. Namun dari jumlah tersebut, belum satupun yang terdomestikasi secara sempurna.

Domestikasi adalah upaya penjinakan hewan yang hidup liar pada habitatnya di alam kedalam suatu sistem budidaya. Prinsipnya adalah pemindahan suatu organisme dari habitat lama ke habitatnya yang baru. Pemindahan tersebut dapat menyebabkan hilangnya beberapa sinyal lingkungan yang berhubungan dengan reproduksi, sehingga ikan tidak dapat bereproduksi secara alamiah di dalam sistem budidaya. Ditinjau dari tingkat kesempurnaannya, ada beberapa tingkatan domestikasi, yaitu :

1. Domestikasi sempurna, yaitu apabila seluruh siklus hidup ikan sudah dapat dipelihara di dalam sistem budidaya. Contoh ikan asli Indonesia yang sudah terdomestikasi sempurna adalah ikan gurame (*Osphronemus Gouramy*), tawes (*Puntius javanicus*), baung, tambakan, kerapu, bandeng (*Chanos chanos*) dan kakap putih. Contoh ikan introduksi yang telah terdomestikasi sempurna adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), koi, koki (*Carassius auratus*), patin jambal, discus dll.
2. Domestikasi dikatakan hampir sempurna apabila seluruh siklus hidupnya sudah dapat dipelihara di dalam sistem budidaya, tetapi keberhasilannya masih rendah. Ikan asli Indonesia yang terdomestikasi hampir sempurna

adalah ikan betutu, balashark, dan arowana. Contoh ikan introduksi yang telah terdomestikasi hampir sempurna adalah alligator, tigerfish, redtail catfish dll.

3. Domestikasi belum sempurna apabila baru sebagian siklus hidupnya yang dapat dipelihara di dalam sistem budidaya. Contohnya adalah ikan Napoleon (*Chelinus undulatus*), ikan hias laut, tuna dll.
4. Belum terdomestikasi apabila seluruh siklus hidupnya belum dapat dipelihara di dalam sistem budidaya.

Indonesia memiliki keragaman hayati yang sangat tinggi. Meskipun angka yang pasti tidak tersedia, diyakini bahwa Indonesia memiliki ribuan spesies endogenus, baik yang memiliki nilai komersial maupun yang belum memiliki nilai komersial. Fakta yang ada menunjukkan bahwa ikan asli Indonesia yang terdomestikasi dengan baik tidak lebih dari dua puluh jenis. Bagaimana cara mendomestikasi sisanya? Penyempurnaan domestikasi akan berujung pada pengembangbiakan di dalam sistem budidaya. Tanpa bantuan terapi hormone sebagai mediator antara sinyal lingkungan dan proses reproduksi, pengembangbiakan tidak akan berhasil, karena sinyal lingkungan untuk reproduksi masing-masing spesies sukar untuk diketahui.

## **BAB VI**

### **GANGGUAN ENDOKRIN (*ENDOCRINE DISRUPTION*) DAN PATOLOGI IKAN**

#### **6.1. Gangguan Endokrin (*Endocrine Disruption*)**

Belakangan ini berbagai aktivitas manusia sangat mempengaruhi kegiatan produksi perikanan, antara lain karena adanya pencemaran bahan kimia. Saat ini setidaknya ada 70.000 senyawa kimia buatan manusia (Sumpter, 2000) yang berpotensi mencemari perairan, khususnya laut. Ikan yang terpapar berbagai bahan kimia organik dan anorganik dapat mengalami kerusakan pada fungsi reproduksinya karena adanya gangguan endokrin (*endocrine disruption*). Akibatnya akan terjadi penyimpangan pada fekunditas, fertilitas dan diferensiasi seks. Gangguan endokrin terjadi pada fungsi reproduksi jantan dan betina. Selain itu zat-zat tersebut dapat berdampak buruk pada awal perkembangan, hati, fungsi tiroid dan interrenal, pertumbuhan, osmoregulasi dan sistem kekebalan tubuh ikan (Hutchinson and Pickford, 2002).

Dari sisi endokrinologi, bahan pencemar dapat memberikan efek esterogenik dan androgenik. Potensi esterogenik harus dibedakan antara estrogen asli seperti etinilestradiol dan estrogen lingkungan seperti nonilfenol. Estrogen asli dapat mempengaruhi diferensiasi seks pada konsentrasi yang sangat rendah. Walaupun estrogen lingkungan seperti nonilfenol sangat lemah potensi estrogenya, estrogen lingkungan juga memberi pengaruh toksik lainnya yang sama sekali tidak berhubungan dengan aktivitas estrogeniknya. Selain itu ada juga senyawa-senyawa yang memiliki aktivitas penghambatan aromatase. Senyawa ini akan mengganggu sintesis estradiol di ovaria dan mekanisme umpan balik pada tingkat hipotalamus sehingga akan mengganggu reproduksi.

Ikan *Gambusia affinis* dan beberapa jenis ikan lain yang hidup di sungai yang menerima limbah pabrik pulp mengalami maskulinisasi (Sumpter, 1997). Penyebabnya diduga adalah fitosterol, karena percobaan menggunakan fitosterol seperti sitosterol dan stigmasatanol juga memberikan efek maskulinisasi pada betina. Ikan yang terkena limbah pabrik kertas mengalami penurunan kadar steroid plasma, pengecilan gonad, dan penundaan kematangan seksual. Bahan tersebut dicurigai adalah  $\beta$ -sitosterol yang terdapat dalam konsentrasi tinggi perairan (1 mg/l)

Selain hal diatas, terdapat indikasi pula bahwa limbah rumah tangga dan limbah industri potensial untuk melepaskan senyawa kimia yang bersifat – esterogenik. Senyawa tersebut dapat berasal dari kelompok steroid seperti  $17\alpha$ -etinilestradiol, esteron dan estradiol - $17\beta$ ; atau dari kelompok non steroid seperti nonilifenol dan bisfenol.(Parkonnen, 2000). Pada konsentrasi  $1\mu\text{g/l}$  (Fent *et al.*, 2000), nonilifenol sudah ampu menstimulir pembentukan bakal kuning telur (vitelogenin) pada ikan jantan. Di Eropa, salah satu sumber bahan pencemaran yang bersifat estrogenic adalah  $17\alpha$ -etinilestradiol yang berasal dari pil kontrasepsi (Parkonnen, 2000)

Di Inggris, limbah esterogenik menyebabkan terbentuknya roach (*Rutilus rutilus*) yang hermiprodit menyimpang dari kebiasaan. Penyimpangan tersebut mencapai 100% dibandingkan dengan ikan di lokasi lain hanya 4% (Sumpter, 2000). Selain itu juga menyebabkan ikan trout jantan menghasilkan vitelogenin yang normalnya dihasilkan oleh ikan betina. Pada hilir aliran yang sama, ikan sebelah *Platichthys flesus* jantan juga menunjukkan efek esterogenik dengan menghasilkan vitelogenin (Sumpter, 2000). Testis ikan sebelah berkembang menyimpang dengan membentuk oosit di dalamnya.

Penelitian mengenai gangguan endokrin, akibat pencemaran harus digalakkan di Indonesia dimana sistem pengelolaan limbahnya belum baik. Baik efek androgenic maupun estrogenic dari polutan akan berpengaruh buruk bagi reproduksi, kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan; baik di alam maupun sistem budidaya. Efek maskulinisasi dan feminisasi yang tidak terkontrol akan berpengaruh terhadap nisbah kelamin ikan yang normalnya seimbang. Gangguan terhadap keseimbangan tersebut selanjutnya akan mempengaruhi kelangsungan hidup suatu spesies, khususnya populasi ikan yang masih hidup liar di alam. Selain itu, gangguan endokrin akan mempengaruhi reproduksi ikan baik di alam maupun sistem budidaya, melalui penurunan fekunditas dan fertilitas. Dengan mengetahui penyebab gangguan endokrin tersebut, dapat diambil tindakan-tindakan pencegahan dan perbaikan, khususnya untuk stok yang ada di alam.

## 6.2. Hormon dan Patologi Ikan

Budidaya ikan pada dasarnya adalah pemaksaan pada ikan dari kehidupan bebas di alam menjadi kehidupan terbatas di dalam sistem budidaya. Di dalam sistem budidaya, ikan sering terkena serangkaian penyebab stress seperti kualitas air yang buruk, fluktuasi salinitas, fluktuasi oksigen dan fluktuasi temperatur, penanganan yang kasar serta kepadatan yang tinggi. Stres yang berkepanjangan dapat menyebabkan kematian masal atau dapat menyebabkan ikan mudah terserang penyakit. Pada kegiatan multikultur, penyakit yang sering menyerang apabila ikan mengalami stress adalah vibrio. Serangan oleh vibrio biasanya muncul bersamaan dengan menurunnya kondisi budidaya. Pada budidaya ikan di air tawar, serangan bakteri *Aeromonas* pada ikan gurame sering terjadi, terutama pada kondisi kualitas air yang buruk di musim kemarau.

Dahulu sistem hormon pada ikan umumnya hanya dikaitkan dengan fungsi reproduksi dan pertumbuhan saja. Namun belakangan ini kian banyak bukti bahwa sistem endokrin berkaitan juga dengan sistem imunitas dan daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit. Selain gambaran darah, profil hormon juga telah mulai digunakan sebagai indikator kesehatan ikan. Pada ikan silver sea bream (*Sparus sarba*) yang terserang vibrio, terjadi peningkatan kandungan kortisol 14 kali normal dan testosterone 1,9 kali normal; serta penurunan kandungan estradiol- $\beta$  sebanyak 19 kali normal (Deane *et al.*, 2001). Selain itu kandungan tiroksin dan triiodotironin masing-masing turun 26 dan 2,8 kali ikan normal. Penelitian mengenai korelasi antara profil hormone dan serangan penyakit pada ikan tertentu akan sangat banyak manfaatnya di Indonesia.

Selama ini hormon tiroid dianggap berperan penting pada proses pertumbuhan, dan meningkatkan pengaruh hormon anabolik lainnya, terutama hormon pertumbuhan. Namun demikian, beberapa hasil penelitian belakangan ini menunjukkan bahwa hormon tiroid memberikan aksi imunomodulatori pada ikan. Pemberian hormon tiroid dapat meningkatkan kelangsungan hidup larva ikan. Pada gelondongan ikan Robu (*Labeo rohita*) pemberian hormon T3 secara oral sebanyak 5mg/kg pakan meningkatkan titer antibody terhadap *Aeromonas Hydrophila* dan menurunkan tingkat kematian terhadap uji tantang *Aeromonas hydrophila* (Sahoo, 2003)

Hormon pertumbuhan (somatotropin) memiliki dua peran utama, yaitu merangsang pertumbuhan dan metabolisme serta untuk adaptasi pada lingkungan yang hipertonik. Selain itu, hormon pertumbuhan terbukti memiliki sifat imunostimulatori pada sel-sel imuno kompeten serta meningkatkan aktivitas makrofag dan aktivitas hemolitik pada serum ikan. Ada beberapa laporan mengenai regulasi imunitas oleh hormon pertumbuhan pada ikan. Aktivitas fagosit dari leukosit rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) dapat distimulir oleh hormon pertumbuhan (Yada *et al.*, 2001). Pada brown trout (*Salmo trutta*), aktivitas fagositik leukosit dan aktivitas lisozim plasma meningkat setelah transfer ikan dari air tawar ke air laut, dan ada korelasi antara kadar hormon pertumbuhan di dalam plasma dengan aktivitas fagosit dan lisozim. Pada rainbow trout, tampaknya hormon pertumbuhan mengatur kadar immunoglobulin yang beredar di dalam darah.

Hormon tiroksin dapat menimbulkan gejala abnormal seperti kerusakan jaringan, tulang punggung yang bengkok dan larva tumbuh lambat (kerdil). Sehubungan hal tersebut, dibutuhkan hormon yang lain untuk memacu pertumbuhan ikan sehingga ikan dapat terdiferensiasi dan tumbuh cepat tanpa adanya masalah samping. Salah satu hormon yang dapat digunakan dalam memacu pertumbuhan ikan adalah GH (Sudrajat *et al.*, 2013)



## **BAB VII**

### **METODE PEMBERIAN HORMON PADA IKAN DAN PELARUT HORMON**

#### **7.1. Metode Pemberian Hormon pada Ikan**

Efektifitas dan kecepatan kerja hormon pada ikan yang diberi zat ini dipengaruhi oleh metode yang digunakan. Metode pemberian hormon pada ikan untuk merangsang ovulasi dan pemijahan akan efektif dan efisien bila memperhatikan faktor-faktor berikut ini:

- 1). Rute, dengan pilihan cara: (a) suntikan, (b) oral/mulut, dan (c) kulit/topikal
- 2). Frekuensi pemberian: (a) sekali atau (b) beberapa kali pemberian
- 3). Durasi pelepasan hormon: (a) akut, melalui suntikan, atau (b) kronis, melalui susuk atau pakan.

#### **1. Rute**

##### **a) Cara Penyuntikan.**

Lokasi pada tubuh ikan, kelebihan dan kekurangan metode ini adalah sebagai berikut:

- 1). Intravena (*intravenous*, iv), tempat: pembuluh vena.  
kelebihan: obat mudah menyebar  
kelemahan: - rumit, - perlu waktu lama, - perlu pembiusan, - volume obat sedikit, - hanya cocok untuk ikan ukuran besar.
- 2). Intraperitoneal (ip), tempat: dalam rongga perut.  
kebaikan: - praktis, - obat tidak menimbulkan iritasi dan mampu menembus rintangan endothelial, - aman bahkan untuk ikan berukuran kecil, - berguna untuk ikan yang sudah kritis, - volume penyuntikan dapat lebih besar.  
kelemahan: penggunaan pelarut harus dibatasi, - kerja obat lebih lambat, - resiko kerusakan organ dalam
- 3). Intramuskular (*intramuscular*, im), tempat: dalam otot daging punggung.  
kelebihan: risiko kerusakan organ dalam kurang, - penyebaran obat lebih cepat  
kelemahan: volume penyuntikan kecil, - ikan kecil perlu *microsyringe*, - iritasi, obat keluar lagi.

Pemberian rGH yang berbeda pada ikan nila melalui teknik penyuntikan meningkatkan bobot 20,94% (rGH ikan kerapu kertang), 18,09% (rGH ikan mas),

dan 16,99% (rGH ikan gurami) (Alimuddin *et al.*, 2010)

### **b). Oral/mulut**

Pemberian hormon pada ikan budidaya melalui mulut dilakukan umumnya dengan mencampurkan hormon pada pakan yang akan diberikan. Putih telur digunakan sebagai *binder*/perekat hormon pada pakan tersebut. Beberapa hasil penelitian dengan teknik ini dapat disajikan, yaitu: pemberian hormon pertumbuhan ikan kerapu (rIGH) dengan dosis 30 mg/kg pakan secara oral yang diberikan pada benih umur tiga bulan menunjukkan bahwa perlakuan secara oral memberikan pertumbuhan yang lebih tinggi sebesar 12,04% dibandingkan kontrol (Permana *et al.*, 2018).

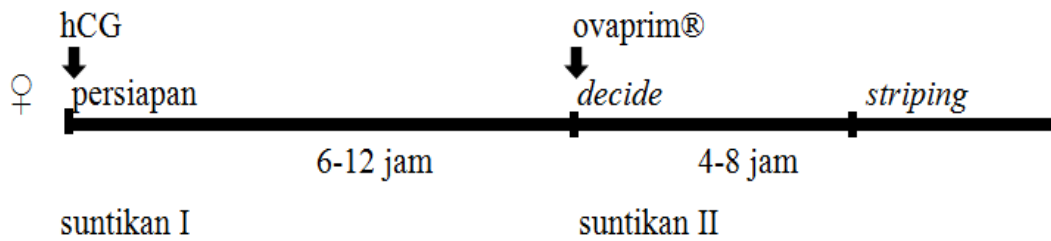
### **c) Kulit/topikal.**

Rute pemberian hormon secara praktik dilakukan dengan cara **perendaman**. Cara ini umumnya diterapkan pada ikan berukuran kecil (larva, benih) karena lebih mudah dibandingkan dengan cara lain misalnya penyuntikan, namun jumlah hormon yang digunakan lebih banyak. Beberapa penelitian dengan pemberian hormon dengan cara ini menunjukkan hasil yang positif. Perendaman hormon pertumbuhan dapat meningkatkan bobot ikan nila sebesar 171% (Acosta *et al.*, 2007). Bobot ikan gurami dapat meningkat sampai sebesar 75% dengan perlakuan perendaman hormon pertumbuhan (Alimuddin *et al.*, 2011). Abalon tropis yang direndam rIGH dengan frekuensi empat kali menghasilkan pertumbuhan bobot tubuh dan panjang cangkang tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya ( $P < 0,05$ ). Sintasan abalon tropis yang diberi perlakuan perendaman hormon rIGH lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol (Khotimah *et al.*, 2016).

## **2. Frekuensi Pemberian Hormon**

- (1). Metode sekali suntik. Metode ini mengenal beberapa istilah, yaitu: dosis 100% atau dosis “*knock out/KO*” diberikan dalam sekali suntik. Syarat penerapan metode ini adalah ikan harus benar-benar matang gonad.
- (2). Metode beberapa kali suntik. Metode ini mengenal beberapa istilah pula, yaitu: dosis persiapan (*p*) dan dosis penentuan (*decide*). Dosis persiapan biasanya adalah dosis rendah (10%) yang bertujuan (1) untuk menyeragamkan perkembangan gonad sampai tahap praovulasi dan (2) memancing keluarnya reseptor yang kompatibel.

Contoh penerapan metode ini disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Metode beberapa kali suntik pemberian hormon pada ikan

Waktu pemberian hormon pada metode ini bersifat fleksibel, namun untuk ikan-ikan di wilayah tropis biasanya 6-12 jam sebelumnya.

Metode beberapa kali suntik termasuk metode yang baik untuk ikan yang mudah *nervous* atau susah ditangani. Interval penyuntikan selain dipengaruhi oleh tingkat kematangan induk juga ditentukan oleh ukuran ikan. Frekuensi dan dosis pemberian hormon memiliki beberapa alternatif, antara lain:

- a. Satu dosis persiapan (p) dan dua dosis penentuan
- b. Beberapa dosis persiapan dan dua dosis penentuan

### (3). Durasi pelepasan hormon

Durasi atau lama waktu pelepasan hormon untuk masuk ke sistem peredaran darah ikan dapat dibagi dua, yaitu: (1) akut/cepat yang umumnya melalui cara penyuntikan dan (2) kronis/lambat/perlahan-lahan yang umumnya diberikan melalui susuk atau pakan.

## 7.2. Pelarut untuk Hormon

Pelarut untuk hormon memiliki beberapa istilah, yaitu: *solvent*, *carrier* atau *vehicle*. Jenis pelarut yang dipakai ditentukan oleh jenis kelompok/jenis hormon yang dipakai.

Contoh pelarut berdasarkan kelompok hormon yang dipakai adalah:

1. Hormon kelompok protein (GTH, hCG dll): larutan fisiologis NaCl 0,6-0,7%
2. Hormon kelompok steroid ( $17\beta$ -estradiol, dll): propylene glycole, DMSO, minyak jagung.
3. Methyltestosterone: etanol.

## BAB VIII

### TEKNIK/METODE ANALISIS HORMON PADA IKAN

#### 8.1. Uji Validasi / *Parallellism Test*

Upaya mempelajari hubungan reproduksi dengan endokrin pada ikan sangat diperlukan melalui pengujian sampel secara tepat dan benar sehingga didapatkan gambaran hormonal fisiologi reproduksi yang lengkap. Uji validasi kit uji (biasa disebut dengan *parallellism test*) perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang tepat dan akurat. Validasi diperlukan untuk mengukur hormon berupa validasi analitik untuk menguji “apakah *kit* uji komersial yang digunakan” dapat mengukur metabolit hormon yang terkandung di dalam sampel uji misalnya dalam darah ikan, hemolimfa siput. Bila hasil uji positif, *kit* uji dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya pada sampel yang akan diteliti. Bila hasil uji negatif tidak berarti bahwa suatu jenis hormon tidak ada di dalam sampel uji, namun *kit* uji tersebut tidak cocok sehingga tidak dapat mendeteksi hormon yang diteliti sehingga perlu dicari jenis *kit* lain.

Contoh uji validasi *kit* hormon  $17\beta$ -estradiol dan testosteron pada hemolimfa siput gonggong (*L. turturella*) yang telah dilakukan oleh penulis disajikan di bawah ini. Contoh ini memberikan gambaran berhasil atau tidaknya suatu *kit* uji komersial yang digunakan dalam mendeteksi kadar  $17\beta$ -estradiol dan testosteron secara kuantitatif. Jenis *kit* komersial dan teknik uji validasi yang dilakukan sebagai berikut: Sampel hemolimfa dari masing-masing tujuh ekor siput gonggong jantan dan betina matang gonad dianalisis dengan metode *enzyme linked immunosorbent-assay* (ELISA). Kit yang digunakan untuk uji validasi adalah merek Elisa DRG produksi DRG Instruments GMBH, Deutschland. Berdasarkan uji validasi yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut: (1) pada uji validasi  $17\beta$ -estradiol, konsentrasi standar yang diukur adalah baik dan dapat diterima, pengenceran serial sampel ekstrak sejajar dengan standar melengkung, dan oleh karena itu, uji ini dapat digunakan untuk mengukur sampel hemolimfa siput gonggong untuk pengukuran selanjutnya, sebaliknya (2) pada uji validasi testosteron, pengenceran serial sampel plasma tidak sejajar dengan kurva standar sehingga tidak dapat digunakan untuk mengukur sampel hemolimfa siput gonggong untuk pengukuran selanjutnya. Berdasarkan hasil di atas, maka pada penelitian ini hanya

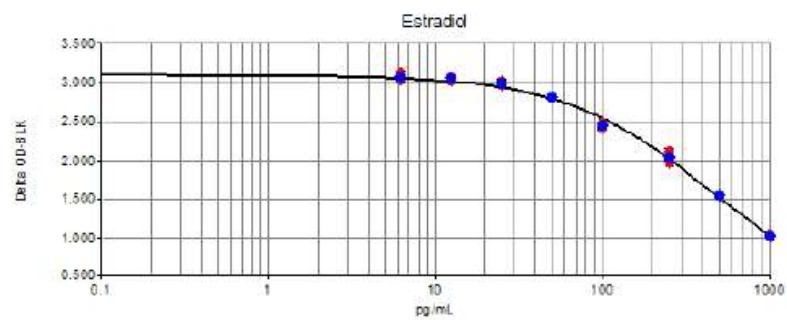
digunakan 17 $\beta$ -estradiol. Hasil uji validasi disampaikan pada Gambar 7 (Muzahar, 2019).

### PARALLELISM TEST

Date	: July 31, 2018
Type of Assay	: Estradiol (DRG EIA 2693)
Animal	: Siput Gonggong (Strombus sp)
Type of Sample	: Hemolymph
Dilution of Sample	: 1:2 - 1:128
Submitted by	: Muzahar (FPIK PhD Student)
Measured by	: Drh. Dedi R. Setiadi, M.Si

### RESULTS

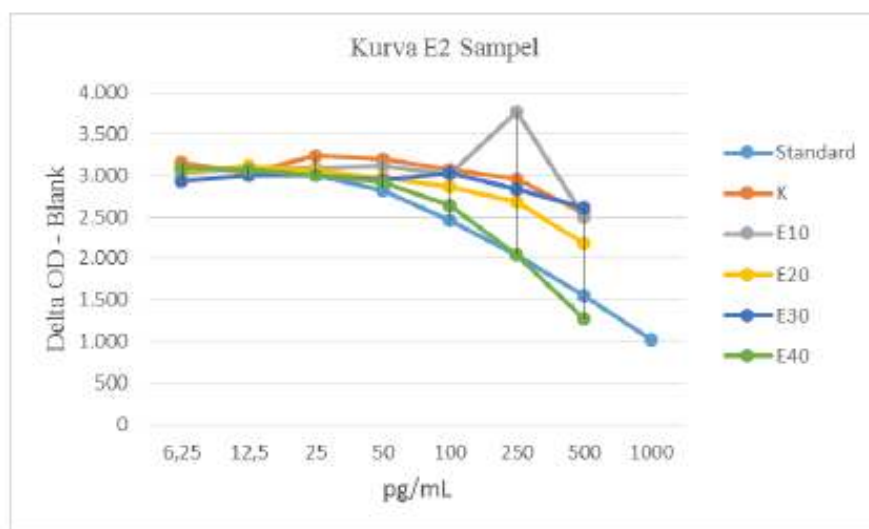
#### A. STANDARD CURVE OF ESTRADIOL



LR = 120 - 1000 pg/mL      50% B = 437      R<sup>2</sup> = 0.996

The Standard range of concentration was modified to increase the assay sensitivity and improve the linear range of standard curve. The original range of standard concentration is 25, 100, 250, 500, 1000 and 2000 pg/mL. The modification of standard concentration is 6,25, 12,5, 25, 50, 100, 250, 500 and 1000.

#### D. CURVE OF PARALLELISM TESTS

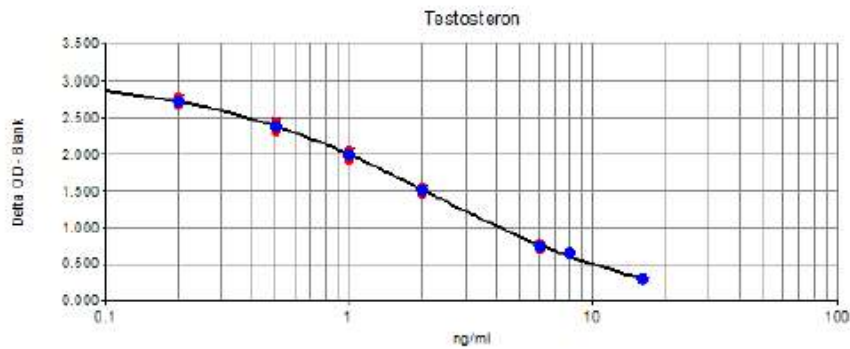


### PARALLELISM TEST

Date : September 24, 2018  
Type of Assay : Testosteron (DRG EIA 1561)  
Animal : Siput Gonggong  
Type of Sample : Hemolymph  
Dilution of Sample : 1:2-1:16  
Submitted by : Muzahar (PhD Student FPIK)  
Measured by : Drh. Dedi R. Setiadi, M.Si

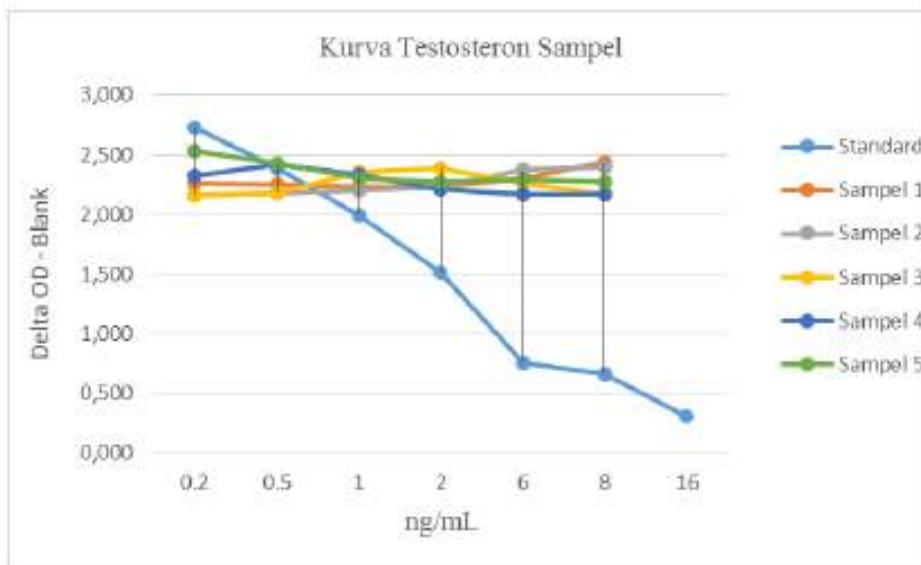
### RESULTS

#### A. STANDARD CURVE OF TESTOSTERON



Standard range : 0,9 – 5 ng/mL       $R^2 = 1$       50% Binding = 2,15 ng/mL  
The Standard range of concentration was modified to increase the assay sensitivity and improve the linear range of standard curve. The original range of standard concentration is 0,2, 0,5, 1, 2, 6, and 16 ng/mL. The modification of standard concentration is 0,2, 0,5, 1, 2, 6, 8, and 16 ng/mL.

#### D. CURVE OF PARALLELISM TESTS



Gambar 7. Hasil validasi kit estradiol dan testoteron dengan metode ELISA

## 8.2. Metode Analisis Hormon Ikan

Teknik atau metode analisis kadar hormon pada ikan terus mengalami perkembangan. Beberapa teknik/metode yang digunakan diantaranya adalah:

### 1). Metode *Enzyme Linked Immunosorbent-Assay* (ELISA)

*Enzyme Linked Immunosorbent-Assay* (ELISA) juga dikenal sebagai *enzym immunoassay* (EIA) adalah teknik biokimia yang digunakan terutama pada imunologi untuk mendeteksi keberadaan antibodi atau antigen dalam sampel. Uji ini merupakan salah satu uji serologis yang banyak digunakan di laboratorium imunologi. Uji ELISA diperkenalkan pada tahun 1971 oleh Peter Perlmann dan Eva Engvall untuk menganalisis adanya interaksi antara antigen dengan antibodi di dalam suatu sampel dengan menggunakan enzim sebagai pelapor (*reporter label*) (Lequin, 2005; Biozatic, 2020). Secara sederhana, ELISA digunakan untuk menentukan jumlah antigen yang tidak diketahui pada sampel dengan cara mengikatkan antigen dengan antibodi spesifik yang ditempelkan di permukaan dinding ELISA *plate*. Antibodi yang sudah terikat dengan enzim yang akan berubah warna, sehingga dapat diketahui berapa antigen yang ada pada sampel. Intensitas warna akan diukur dengan alat yang dinamakan ELISA *Reader*. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memilih jenis ELISA, misalnya spesifisitas dan sensitifitas *test*. ELISA diproduksi oleh banyak perusahaan, namun kami menyarankan untuk membeli ELISA *test* yang memiliki reputasi yang baik serta telah terbukti banyak dipakai oleh peneliti dan laboratorium. Contoh produk ELISA *test* yang digunakan oleh penulis ditampilkan pada Gambar 8. *Handling* saat pengiriman juga sangat menentukan kualitas ELISA *test*, karena ELISA adalah *test* yang dibuat dari protein dan enzim sehingga tingkat efektifitas *test* akan sangat dipengaruhi oleh suhu saat pengiriman dan cara *handling* (Biozatic, 2020).

Beberapa keunggulan uji ini adalah teknik pengerjaan yang relatif sederhana, ekonomis, dan sensitivitasnya cukup tinggi, sertadapat mengukur antigen atau antibodi dalam sampel secara kuantitatif maupun kualitatif (Lequin, 2005; Biozatic, 2020).



Uji ini dilakukan pada *plate 96-well* berbahan polistirena seperti ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Contoh produk ELISA test yang digunakan oleh penulis.



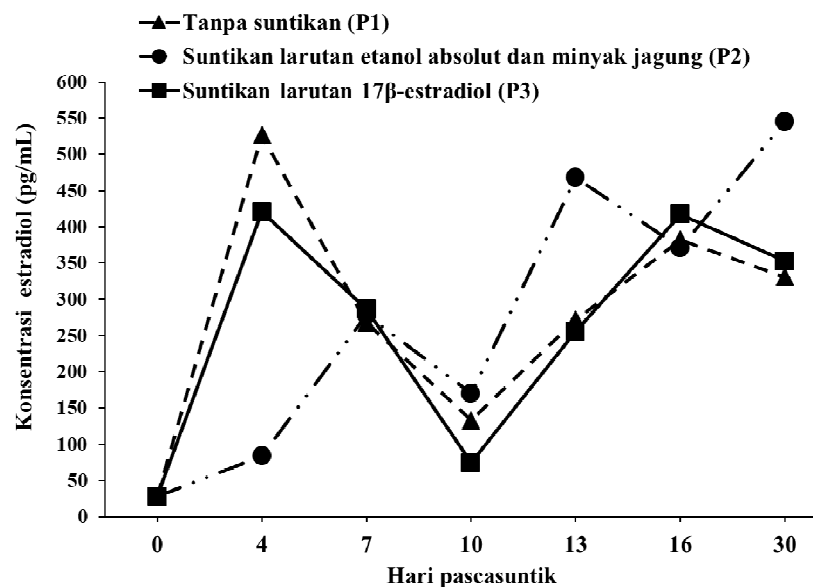
Gambar 9. *Plate 96-well* untuk uji ELISA

Contoh pemakaian metode ELISA yang dilaksanakan oleh penulis untuk menganalisis konsentrasi hormon  $17\beta$ -estradiol dalam hemolimfa siput gonggong disajikan di bawah ini: hemolimfa diambil masing-masing dari tiga ekor siput gonggong dari setiap perlakuan pada hari ke-0, 4, 7, 10, 13, 16 dan 30 pemeliharaan. Hemolimfa diambil dari bagian kaki siput gonggong menggunakan jarum suntik berukuran  $23G \times 1\frac{1}{4}$ " ( $0.60 \times 32$ ) mm. Hemolimfa yang diperoleh dimasukkan dalam tabung mikro tanpa diberi antikoagulan dan sentrifugasi, kemudian disimpan pada suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (modifikasi metode Sathyan *et al.* 2012). Analisis konsentrasi  $17\beta$ -



estradiol hemolimfa dilakukan dengan metode *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) mengacu metode Setiadi *et al.* (2014). Analisis dilaksanakan di Laboratorium Hormon-Unit Rehabilitasi Reproduksi (URR) Fakultas Kedokteran Hewan-IPB. Sampel hemolimfa diencerkan secara bertingkat menggunakan aquabidestilata dengan perbandingan mulai dari 1:0 hingga 1:16. Sebanyak 25  $\mu\text{L}$  duplo larutan standard dan masing-masing sampel dimasukkan ke dalam setiap sumur terpilih. Setelah itu, 200  $\mu\text{L}$  larutan enzim konjugat dimasukkan ke dalam setiap sumur kecuali blanko kemudian ditutup dengan *cling film* dan dihomogenkan dengan cara digoyangkan secara perlahan selama 10 detik. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 120 menit pada suhu ruang. Setelah diinkubasi, setiap sumur dicuci dengan 400  $\mu\text{L}$  *washing solution* sebanyak 3-4 kali pencucian, kemudian dihentak-hentakan secara perlahan di atas kertas (*absorbent paper*) untuk mengeluarkan cairan dalam sumur-sumur secara tuntas. Sebanyak 200  $\mu\text{L}$  larutan substrat dimasukkan ke dalam setiap sumur kemudian ditutup dengan *cling film* dan diinkubasi selama 15 menit pada suhu ruang. Reaksi enzimatik dihentikan dengan menambahkan 100  $\mu\text{L}$  *stop solution* (0.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ke dalam setiap sumur. Pembacaan *absorbance* menggunakan ELISA *reader* selama 10 menit pada panjang gelombang  $450 \pm 10$  nm.

Hasil analisis diperoleh sebagai berikut: konsentrasi  $17\beta$ -estradiol hemolimfa siput gonggong sebelum dan sesudah penyuntikan ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Konsentrasi  $17\beta$ -estradiol hemolimfa gonggong sebelum dan sesudah diberi suntikan  $17\beta$ -estradiol

Kenaikan konsentrasi  $17\beta$ -estradiol hemolimfa terjadi pada semua perlakuan pada hari ke-4 pascasuntik. Konsentrasi  $17\beta$ -estradiol pada semua perlakuan mengalami penurunan pada hari ke-10 dan kembali naik pada hari ke-13. Setelah itu perlakuan suntikan larutan etanol absolut dalam minyak jagung naik sampai hari ke-30, sedangkan perlakuan lainnya mengalami sedikit penurunan.

## 2). Metode *Radioimmunoassay* (RIA)

*Radioimmunoassay* (RIA) dikembangkan oleh Rosalyn Sussman Yalow, Roger Guillemin dan Andrew Schally di New York, Amerika Serikat (Vare, Ethlie Ann; Ptacek, Greg, 2002). RIA adalah suatu metode analisis berdasarkan pada reaksi imunologi atau ikatan antigen-antibodi, dengan reaksi kompetisi antara antigen bertanda radioaktif ( $Ag^*$ ) dengan antigen tidak bertanda ( $Ag$ ) terhadap antibodi ( $Ab$ ) yang jumlahnya terbatas. Teknik ini sangat spesifik karena didasarkan pada reaksi imunologi yaitu ikatan antara antigen dan antibodi yang spesifik untuk antigen tertentu dan sangat peka karena menggunakan perunut radioaktif yang dapat dideteksi dengan alat-alat yang kepekaannya tinggi sehingga ketelitiannya tinggi. Oleh karena itu, teknik RIA ini banyak digunakan untuk menganalisis zat-zat yang ada dalam cairan tubuh seperti serum, plasma, urine dan kultur media yang kadarnya rendah akan tetapi matriknya kompleks sehingga teknik ini dapat digunakan untuk mengevaluasi fungsi organ atau suatu penyakit.

Setelah terjadi kesetimbangan reaksi maka akan terdapat ligan yang terikat dan ligan yang bebas tidak terikat, untuk itu perlu dilakukan pemisahan. Sistem pemisahan yang ideal adalah yang mudah, cepat, sederhana, ekonomis, *reproducible*, dan sempurna. Ada dua macam cara pemisahan pada teknik RIA yaitu pemisahan fase cair dan fase padat. Pemisahan fase padat lebih disukai karena cepat, mudah, sederhana dan *reproducible* (Sutari *et al.*, 2014).

## **BAB IX**

### **PENUTUP**

Perikanan budidaya ikut andil dalam memenuhi kebutuhan pangan Indonesia khususnya protein ikani, menyediakan lapangan pekerjaan, menghasilkan devisa dan pembangunan sumberdaya manusia untuk meraih kesejahteraan masyarakat. Endokrinologi memainkan peran penting dan telah terbukti sukses dalam memproduksi beragam jenis ikan. Penerapan endokrinologi mutlak dibutuhkan dalam peningkatan produksi dan pelestarian sumberdaya perikanan Indonesia. Endokrinologi dapat diterapkan dalam proses-proses fisiologis, antara lain reproduksi, perkembangan dan pertumbuhan, metabolisme, imunitas ikan.

Endokrinologi membutuhkan dukungan ilmu lain seperti nutrisi dan teknologi pakan ikan, kualitas air, pengendalian hama penyakit untuk keberhasilan budidaya ikan. Kerjasama multidisiplin ilmu mutlak diperlukan untuk meraih kesuksesan produksi dan keragaman spesies budidaya sehingga sumberdaya ikan tetap lestari, produksi meningkat dan tersedia banyak pilihan jenis ikan budidaya untuk kesejahteraan masyarakat. Kemajuan teknologi informasi dan telekomunikasi dimasa Revolusi 4.0 ini perlu dimaksimal untuk memperkuat perikanan budidaya berbasis *internet of things* (IoT). Kerjasama dan koordinasi yang baik dari semua pemangku kepentingan diperlukan untuk memajukan perikanan budidaya. Semoga terwujud. Aamiin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acosta J.R., Morales R., Morales A., Alonso M., and Estrada M.P. 2007. *Pichia pastoris* expressing recombinant tilapia growth hormone accelerates the growth of tilapia. *Biotechnology Letters* 29: 1.671–1.676.
- Alimuddin, Etoh S., Putra H.G.P., Carman O. 2011. Growth and survival of giant gourami juvenile immersed in different doses of recombinant growth hormone. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 10: 99–105.
- Alimuddin, Lesmana I., Sudrajat A.O., Carman O., dan Faizal I. 2010. Production and bioactivity potential of three recombinant growth hormones of farmed fish. *Indonesian Aquaculture Journal* 5: 11–17.
- Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian. 2018 Indeks Ketahanan Pangan Indonesia 2018. 28 hal.
- Bantolo. 2019. Peneliti: Ketahanan Pangan Indonesia Masih Rendah. diunduh dari <https://rencongpost.com/peneliti-ketahanan-pangan-indonesia-masih-rendah/> pada 26 April 2020.
- Cocon. 2017. Nilai Strategis Perikanan Budidaya dalam Menopang Ketahanan Pangan. Diunduh dari <https://ekonomi.kompas.com/read/2017/07/24/161733226/nilai-strategiis-perikanan-budidaya-dalam-menopang-ketahanan-pangan?page=all>. pada 28 April 2020
- Cosmo, A., di Cristo C., and Paolucci M. 2001. Sex steroid hormone fluctuations and morphological changes of the reproductive system of the female of *Octopus vulgaris* throughout the annual cycle. *J. of Experimental Zoology*. 289:33-47.
- Dahuri, R. 2013. Strategi Membangun Semangat Technopreneurship untuk Menciptakan Produk dan Jasa Perikanan yang Berdaya Saing di Era Globalisasi. Disampaikan dalam: “Kuliah Umum Peringatan Setengah Abad Jurusan Perikanan Universitas Gajah Mada” Yogyakarta, 23 April 2013.
- Di Cristo, C., Paolucci M., Di Cosmo A. 2008. Progesterone affects vitellogenesis in *Octopus vulgaris*, *J. Zoology*, 1:29-36.
- Di Prisco, C.L., Fulgheri F.D., and Tomasucci M. 1973. Identification and biosynthesis of steroids in the marine mollusk *Aplysia depilans*. *Comp Biochem Physiol*. 45B:303-310.
- Geryntia, S. 2019. Seberapa Kuat Ketahanan Pangan Indonesia?, diunduh dari <https://tirto.id/seberapa-kuat-ketahanan-pangan-indonesia-dhNr> pada 26 April 2020.
- Haviz, M. 2013. Dua sistem tubuh: reproduksi dan endokrin. *Jurnal saintek*, 5 (2): 153-168
- Horiguchi, T., Kojima, M., Hamada, F., Kajikawa, A., Shiraishi, H., Morita, M. and Shimizu, M. 2006. Impact of tributyltin and triphenyltin on ivory shell (*Babylonia japonica*) populations. *Environmental Health Perspectives*, 114, 13–19.  
<http://biozatix.net/apa-itu-test-elisa-atau-enzyme-linked-immunosorbent-assay/>
- Iromo, H. dan N. Farizah. 2014. Analisis kandungan hormon tiroksin dengan metode *ELISA* pada induk betina kepiting bakau (*Scylla serrata*). *Jurnal Harpodon Borneo*, 7 (1). ISSN: 2087-121X.
- Kajiwara M., Kuraku S., Kurokawa T., Kato K., Toda S., Hirose H., Takahashi S., Shibata Y., Iguchi T., Matsumoto T., Miyata T., Miura T., and Takahashi Y.

2006. Tissue preferential expression of estrogen receptor gene in the marine snail, *Thais clavigera*. *General and Comparative Endocrinology*. 148: 315-326.
- Khotimah, F.H., G.N. Permana, I. Rusdi, B. Susanto dan Alimuddin. 2016. Stimulasi pertumbuhan juvenil abalon tropis, *Haliotis squamata* dengan pemberian hormon rekombinan ikan rELGH stimulasi pertumbuhan juvenil abalon tropis, *haliotis squamata* dengan pemberian hormon rekombinan ikan rELGH. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11 (4), 2016, 331-338.
- Keay. J., Bridgham J.T., and Thornton J.W., 2006. The *Octopus vulgaris* Estrogen Receptor Is a Constitutive Transcriptional Activator: Evolutionary and Functional Implications. *Endocrinology*. 147(8):3861-3869.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2019. Pengembangan Komoditas Unggulan Strategis Perikanan Budidaya, dan Tata Kelola Perizinan untuk Memacu Investasi. Disampaikan pada *Workshop* Pembangunan Perikanan Budidaya Berkelanjutan yang Diselenggarakan Kementerian PPN/BAPPENAS, 9 September 2019 di *Double Tree by Hilton*, Jakarta.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. Kebijakan Pembangunan Kelautan & Perikanan. Paparan Menteri Kelautan dan Perikanan RI pada Rapat Koordinasi Pengendalian Pembangunan Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2018.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. Kinerja 4 Tahun Pemerintahan Jokowi- Jk Sektor Kelautan dan Perikanan. Jakarta, 40 hal
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. Produktivitas Perikanan Indonesia. Forum Merdeka Barat 9. Kementerian Komunikasi dan Informatika. Jakarta. 49 hal.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2013. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia nomor 7/Kepmen-KP/2013 tentang Peta Jalan (*road map*) Industrialisasi Kelautan dan Perikanan. 26 hal.
- Kementerian Politik dan Keamanan RI. 2018. Ayo makan ikan, karena ikan itu enak dan mencerdaskan. Diunduh dari <https://polkam.go.id>. pada 28 April 2020.
- Kurniadi *et.al.* 2011. Diunduh dari [http://abimanyukurniadi.blogspot.co.id/2011\\_12\\_01\\_archive.html](http://abimanyukurniadi.blogspot.co.id/2011_12_01_archive.html). Pada hari Rabu 2 Maret 2016
- Lequin, R.M. 2005. "Enzyme Immunoassay (EIA)/Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)". *Clinical Chemistry*. 51 (12): 2415–2418.
- Li Q., Osada M., Suzuki T., and Mori K. 1998. Changes in vitellin during oogenesis and effect of estradiol on vitellogenesis in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Invert Reprod Dev*. 33:87–93.
- Maslahahelyumna. 2011. Diunduh dari <https://biologiasyik.wordpress.com/2011/12/16/sistem-endokrin-hormon/>. Pada hari Rabu, 2 Maret 2016
- Mathieu, M., I. Robbins, and P. Lubet. 1991. The neuroendocrinology of *Mytilus edulis*. *Aqzraczrlrure*. 942 13-223.
- Muzahar, M. Zairin Jr., F. Yulianda, M.A. Suprayudi, Alimuddin dan Irzal Effendi. 2019. Pemijahan Semi-buatan Siput Gonggong (*Laevistrombus turturella*) dengan Induksi Kombinasi Hormon LHRH-a dan Antidopamin. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(4):1-6
- Muzahar. 2019. Fisiologi Reproduksi pada Pematangan Gonad dan Pemijahan Siput Gonggong (*Laevistrombus turturella*) dari Tanjungpinang di Wadah Budidaya. Disertasi Doktor. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 101hlm.

- Nagle, G., Painter, S.D., Blankenship, J.E., Choate, J.V.A. and Kurosky, A. 1988. The bag cell egg-laying hormones of *Aplysia brasiliiana* and *Aplysia californica* are identical. 9(4): 867-872
- Nugraha, A.C. 2018. Apa fungsi kelenjar endokrin pada ikan ?. Diunduh dari. <https://www.dictio.id/t/apa-fungsi-kelenjar-endokrin-pada-ikan/106548> pada 27 April 2020
- Nugroho, R.A. 2016. Dasar-dasar Endokrinologi. Mulawarman University Press. 145 hal.
- Oehlmann, J., and Schukte-Oehlmann. 2003. Endocrine disruption in avertebtare. Pure Appl Chem, 75:2207-2218
- Osada M, Takamura T, Sato H, and Mori K. 2003. Vitellogenin synthesis in the ovary of scallop (*Patinopekten yessoensis*): control by estradiol-17 $\beta$  and the central nervous system. *J Exp Zool.* 299A:172–179.
- Permana A., Alimuddin), W. Hadie, A. Priyadi dan R. Ginanjar. 2018. Pengaruh pemberian hormon pertumbuhan rekombinan dengan metode yang berbeda terhadap pertumbuhan benih ikan botia (*Chromobotia macracanthus*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 13 (2): 123-130/
- Pinder L. C. V., T. G. Pottinger, Z. Billinghamurst and M. H. Depledge. 1999. Endocrine Function in Aquatic Invertebrates and Evidence for Disruption by Environmental Pollutants. R&D Technical Report E67.
- Sathyan, N.R., Philip, Chaithanya E.R., and Kumar R.R.A. 2012. Identification and molecular characterization of molluskin, a histone-H2A-derived antimicrobial peptide from molluscs. International scholarly research network. *J ISRN Molecular Biol.* ID. 219656. 6 pages.
- Setiadi, D.R., Supriatna I., dan Agil M. 2014. Validasi kit *enzyme-linked immunosorbent assay* komersial untuk analisis hormon estradiol dan progesteron darah kambing kacang. *J Veteriner.* 15(4):446-453
- Smith, S.A., and R.P. Croll. 1997. Mollusca. In *Progress in Reproductive Endocrinology*. Vol. VIII. T.S. Adams, editor. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd. 61-151.
- Soebjakto, S. 2015. Pengembangan Perikanan Budidaya Berkelanjutan dalam Hubungannya dengan Konsep Sato-Umi di Indonesia. International Workshop on Sato Umi-BPPT, Jakarta 7 Oktober 2015.
- Soebjakto, S. 2018. 4 Strategi Membangun Akuakultur Indonesia Menuju Industri 4.0. Disampaikan pada Pameran Industri Perikanan Budidaya dan Kelautan Aquatica Asia dan Indoaqua 2018 di Pusat Niaga JIExpo, Jakarta 28 - 30 November 2018.
- Sudrajat, A.O. 2016. Bahan Kuliah Endokrinologi Hewan Air. IPB Bogor
- Sudrajat, A.O., M. Muttaqin, Alimuddin. 2013. Efektivitas hormon tiroksin dan hormon pertumbuhan rekombinan terhadap pertumbuhan larva ikan patin siam. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 12 (1), 31–39 (2013)
- Sunderland, T. 2011. Pertanyaan 9 milyar penduduk: Mengapa ketahanan pangan dan keanekaragaman hayati penting? diunduh dari [https://forestsnews.cifor.org/2487/pertanyaan-9-milyar-penduduk-ketahanan-pangan-dan-mengapa-keanekaragaman-hayati-penting?fnl=id&gclid=EAIaIQobChMI69Sfg5uF6QIVkTUrCh3dDAkLEAA\\_YASAAEgJ2J\\_D\\_BwE](https://forestsnews.cifor.org/2487/pertanyaan-9-milyar-penduduk-ketahanan-pangan-dan-mengapa-keanekaragaman-hayati-penting?fnl=id&gclid=EAIaIQobChMI69Sfg5uF6QIVkTUrCh3dDAkLEAA_YASAAEgJ2J_D_BwE) pada 26 April 2020.
- Sunoto. 2009. *Minapolitan: Marine and Fisheries Regional Economic Development in Indonesia*. Jakarta. 23 hal.

- Sutari, V., Yulianti S, Triningsih, Gina Mondrida, Agus Ariyanto, Sri Setiyowati, Puji Widayati dan Wening Lestari. 2014. Optimasi pembuatan *coated tube human serum albumin* (HAS) untuk kit radioimmunoassay (RIA) mikroalbuminuria. *Jurnal Forum Nuklir* 8 (1): 20-26
- Vare, Ethlie Ann; Ptacek, Greg (2002). *Wanita sejati: dari AZT hingga makan malam TV: kisah penemu wanita dan ide-ide terobosan mereka*. New York: Wiley. p. 99. ISBN 0471023345.
- Wang C, Croll RP. 2006. Effects of sex steroids on spawning in the sea scallop (*Placopecten magellanicus*). *Aquaculture*. 256:423-432.
- Wang C, Croll RP. 2004. Effects of sex steroids on gonadal development and gender determination in the sea scallop (*Placopecten magellanicus*). *Aqua*. 238:483-498.
- Zairin Jr, M. 2016. *Bahan Kuliah Endokrinologi Hewan Air*. IPB Bogor.
- Zairin Jr, M. (2003). *Endokrinologi dan Perannya bagi Masa Depan Perikanan Indonesia* (p. 70). Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Pertanian Bogor. Bogor.

## GLOSARIUM

### A

- Abalone** : Satu jenis siput dikenal dengan sebutan siput mata tujuh dan nama ilmiahnya adalah *Haliotis* sp.
- Ablasi** : Pemotongan tangkai mata udang untuk merangsang perkawinan, pemijahan.
- Androgenik** : Hormon androgenik atau testoid adalah hormon steroid yang merangsang atau mengontrol perkembangan dan pemeliharaan karakteristik laki-laki (manusia) atau ikan jantan (hewan).
- Aromatase** : Enzim yang bertanggungjawab terhadap biosintesis estrogen (sekelompok hormon yang berperan penting dalam perkembangan dan pertumbuhan karakteristik seksual betina serta proses reproduksi).
- Arthropoda** : Kelompok hewan yang tubuhnya bersegmen-segmen/berbuku-buku atau hewan beruas.
- Avertebrata** : Hewan tidak bertulang belakang misalnya keong, udang

### B

- Badan golgi** : Disebut juga apparatus Golgi, kompleks Golgi atau diktiosom adalah organel yang dikaitkan dengan fungsi eksresi sel.

### C

- Core business** : Bisnis inti dari suatu unit usaha (perusahaan).



## D

**Diferensiasi seks** : Proses perkembangan perbedaan antara individu jantan dan individu betina / penentuan jenis kelamin pada ikan (hewan).

## E

**Ekinodermata** : Kelompok hewan yang bentuk luar tubuhnya berdiri misalnya teripang, bintang laut.

**Eksositosis** : Mekanisme transpor molekul besar seperti protein dan polisakarida melintasi membran plasma dari dalam ke luar sel (sekresi) dengan cara menggabungkan vesikula (gelembung yang berisi cairan serum) berisi molekul tersebut dengan membran plasma.

**Estrogenik** : Atau oestrogen adalah sekelompok senyawa steroid yang berfungsi terutama sebagai hormon seks betina, terdapat baik dalam tubuh jantan maupun betina, tetapi kandungannya jauh lebih tinggi dalam betina.

**Estuaria** : Kawasan muara tempat bertemunya air tawar (sungai) dan air laut.

## F

**Fagosit** : Penggolongan dari sel darah putih yang berperan dalam sistem kekebalan dengan cara fagositosis/menelan patogen.

**Feminisasi** : Munculnya/tumbuhnya ciri-ciri khusus kelamin (ikan) betina pada (ikan) jantan, biasanya karena kelebihan hormon estrogen.

**Fitosterol** : **Sterol tumbuhan** adalah kelompok sterid alkohol, fitokimia yang ada secara alami di dalam tumbuhan dan tidak ditemukan pada mamalia.

## G

**Gonad** : Kelenjar kelamin ovarium (betina) dan testis (jantan).

## H

**Handling** : Penanganan suatu benda.

**Hemolimfa** : Darah (cairan tubuh/plasma) pada golongan moluska, krustasea yang berwarna biru.

**Hepatopankreas** : Hati dan pankreas bergabung menjadi satu misalnya pada udang.

**Hipotalamus** : Bagian dari otak yang mengeluarkan bahan kimiawi berupa hormon yang dibutuhkan tubuh untuk membantu mengendalikan organ dan sel-sel tubuh.

## I

**Ikan *finfish*** : Ikan bersirip, untuk membedakan dengan ciri ikan dalam arti luas yang tidak memiliki sirip.

**Immunoglobulin** : Protein yang disekresikan produk dari sel plasma yang mengikat antigen dan sebagai efektor sistem imun humoral.

**Imunomodulatori** : Semua obat yang dapat memodifikasi respons imun, menstimulasi mekanisme pertahanan alamiah dan adaptif dan dapat berfungsi baik sebagai immunosupresan maupun immunostimulan.

**Intramuskular** : (suntikan ke) **dalam otot tubuh**

**Intraperitoneal** : (suntikan ke) dalam peritoneum (**rongga tubuh**) **hewan**

**Intravena** : (pemberian obat dengan cara memasukkan obat ke dalam) **pembuluh darah vena**

**Invertebrata** : =avertebrata yaitu hewan tidak bertulang belakang misalnya cacing.

## K

**Keramba tancap** : Karamba Jaring Tancap (KJT) Jaring tancap merupakan jaring kantong berbentuk persegi yang dipasang pada kerangka bambu atau kayu yang ditancap pada dasar perairan. Pasangan kayu / bambu ditancap rapat, seperti pagar atau hanya dipasang di bagian sudut kantong jaring.

**Kortisol** : Hormon steroid dari golongan glukokortikoid yang diproduksi oleh sel di dalam zona fasikulata pada kelenjar adrenal yang bekerja meningkatkan gula darah.

**Krustasea** : Golongan udang-udang tubuhnya bersegmen-segmen.

## L

**Ligan** : Molekul sederhana yang dalam senyawa kompleks bertindak sebagai donor pasangan elektron (basa Lewis). Ligan akan memberikan pasangan elektronnya kepada atom pusat yang menyediakan orbital kosong.

**Lisozim** : Enzim yang memutuskan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosida antara asam-N-asetil glukosamin dengan asam-N-asetil muramat pada peptidoglikan sehingga dapat merusak dinding sel bakteri.

## M

**Makrofag** : Sel pada jaringan yang berasal dari sel darah putih yang disebut monosit berfungsi terutama pada pertahanan tidak spesifik untuk memfagositosis patogen

**Metamorfosa** : Perubahan bentuk atau susunan; peralihan bentuk (misalnya ulat menjadi kupu-kupu)

- Maskulinisasi** : Suatu teknologi *seks reversal*/alih kelamin yang mengarahkan diferensiasi kelamin menjadi jantan dan dilakukan pada saat gonad ikan belum terdiferensiasi.
- Marikultur** : *Marine*=laut, *culture*=budidaya. Budidaya biota air laut.
- Mina-padi** : Mina=ikan. Budidaya ikan bersama padi.
- Moluska** : Hewan bertubuh lunak, umumnya bercangkang misalnya kerang dan siput.
- Multikultur** : Budidaya beberapa biota/ikan dalam satu wadah.
- O**
- Oosit** : Sebuah sel dalam ovarium yang terbentuk atau mengalami meiosis untuk membentuk ovum.
- Osmoregulasi** : Proses mengatur konsentrasi cairan dan menyeimbangkan pemasukan serta pengeluaran cairan tubuh oleh sel atau organisme hidup.
- P**
- Patologi** : Ilmu pengetahuan bidang bioteknologi mengenai penyakit secara umum.
- Pemijahan** : Proses keluarnya sel telur dari tubuh ikan betina dan sperma dari ikan jantan.
- Plasma darah** : Komponen darah berbentuk cairan berwarna kuning yang menjadi medium sel-sel darah yaitu 55% dari jumlah/volume darah merupakan plasma darah.
- Prekursor** : Senyawa antara.
- Prosobranchia** : Sub kelas taksonomi besar dari siput laut, siput darat, dan siput air tawar.

## R

- Reproducible** : Dapat direproduksi.
- Reseptor** : Struktur pada sistem saraf yang peka terhadap rangsangan pancaindra.

## S

- Seks reversal/alih Kelamin** : Proses alih kelamin ikan jantan menjadi betina atau sebaliknya umumnya karena perlakuan hormone.
- Serum** : Komponen yang bukan berupa sel darah, juga bukan faktor koagulasi; serum adalah plasma darah tanpa fibrinogen.
- Sintasan** : Tingkat kelangsungan hidup ikan dalam satuan persen (%).
- Sitoplasma** : Bagian sel yang terbungkus membran sel.
- Survival rate (SR)** : =sintasan atau tingkat kelangsungan hidup ikan (%).

## T

- Titer antibody** : Ukuran berapa banyak antibodi yang dihasilkan organisme yang mengenali epitop tertentu yang dinyatakan sebagai kebalikan dari pengenceran terbesar yang masih memberikan hasil positif.

## U

- Urine** : Cairan sisa hasil metabolisme yang diekskresikan oleh ginjal dan kemudian dikeluarkan dari dalam tubuh (pada manusia cairan kencing).

## V

- Vesikel sekretorik** : Merupakan **vesikel** besar yang terletak pada sisi yang berhadapan dengan membran plasma. Fungsi dari **vesikel sekretori** ini adalah untuk membawa protein atau lipid yang telah mengalami pemrosesan di dalam lumen sakulus.

## INDEKS

Abalone, 4, 53  
Ablasi, 38  
Akuakultur, 2, 3  
Akuakulturis, 3  
Akuatik, 3, 4, 9  
Analog sintetik, 8  
Androgenik, 49  
Aromatase, 48  
Arthropoda  
ASEAN, 1  
Aspek, 1  
Avertebrata, 10  
Badan golgi, 11  
Behavior, 7  
Bioenergi, 2  
Biokimiawi, 9  
BPS, 1  
*Core business*, 5  
Diferensiasi seks, 10  
Dihidroksiprogesteron, 11  
Dikromatisme, 7  
Dimorfisme, 7

Dekade, 2

Devisa, 5

Difusi, 9

Diuretik, 10

Ekinodermata, 4, 5, 8

Eksositosis, 11

Endokrinologi, 2, 3, 8, 9, 10

Evolusi, 10

Estrogenik, 49

Estuaria

Fagosit, 51

Farmasi, 2

Feminisasi, 49

*Finfish*, 4, 8

Fitosterol, 48

Fisiologi, 3, 9, 13

Fitoplankton, 4

Fotosintesis, 4

Gonad, 38, 42

Handling, 58

Hemolimfa, 39, 55, 60

Hepatopankreas, 3

Hipofisis, 12, 15, 16, 42, 43

Homeostatis glukosa, 12

Hipotalamus, 12, 13, 23, 42

Hidroksiprogesteron, 11

Ikan *finfish*, 18

Immunoglobulin, 51

Imunomodulatori, 50

Intramuskular, 52

Intraperitoneal , 52

Intraselular, 11

Intravena, 52

Invertebrata, 2

Karbon, 2

Kases, 6

Keramba tancap,

Ketestosteron, 11

Komparasi, 10

Konsumen, 4

Kortisol, 11, 50

Konkuren, 6

Kontaksi kromatofora, 10

Krustasea, 2, 4, 5, 8, 35

Ligan, 61

Lisozim, 51

Makro, 6

Makrofag, 51



Metamorfosa, 44

Maskulinisasi, 43, 48

Marikultur, 2

Market size, 5

Mikro alga, 4

MEA, 6

Metabolisme, 13, 21

Mina-padi, 1

Moluska, 2, 4, 5, 8, 21

Morfologi, 4

Multikultur,

Neurohipofisis, 14

*Neurosekretori, 29*

*On-farm, 3*

Oosit, 31, 34, 49

Organisme, 4, 9

Osmoregulasi, 10, 13, 46

Ovarium, 11

Patologi, 49

Pangan, 1, 2, 5

Paradigma, 6

Pemanasan global (*global warming*), 2

Pituitari, 9

Plasma darah, 61

Prekursor, 11

Prosobranchia,

Protein, 1, 2, 5, 11, 12, 15, 42

Reproduksi, 2, 8, 10, 13, 14, 48

Reseptor, 9, 11, 23, 45

*Reproducible*, 61

Saluran irigasi, 1

Seks reversal/alih kelamin, 43

Serum, 61

Sintasan, 53

Sitoplasma, 11, 23

Survival rate (SR), 4

Tambak, 2

Testis, 11, 14, 34

Titer antibody, 50

Urine, 61

Vesikel sekretorik, 11