

**LITERATURE REVIEW: INDUKSI HORMON BUATAN HUMAN
CHORIONIC GONADOTROPIN (HCG) DAN PREGNANT MARE
SERUM GONADOTROPIN (PMSG) TERHADAP
PERKEMBANGAN GONAD JANTAN IKAN SIDAT (*Anguilla spp.*)**

SKRIPSI

Oleh:

**ELISA QOTRUNADA
NIM. 175080501111023**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

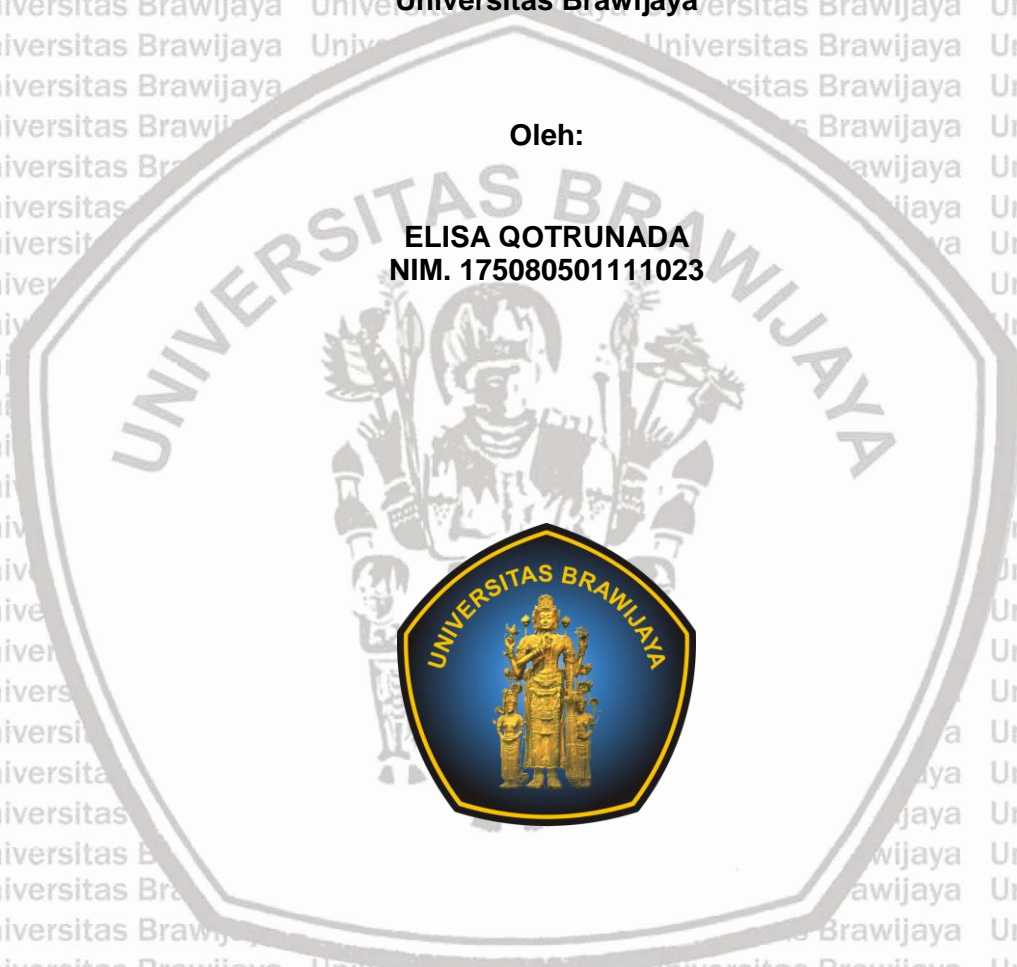
**LITERATURE REVIEW: INDUKSI HORMON BUATAN HUMAN
CHORIONIC GONADOTROPIN (HCG) DAN PREGNANT MARE
SERUM GONADOTROPIN (PMSG) TERHADAP
PERKEMBANGAN GONAD JANTAN IKAN SIDAT (*Anguilla* spp.)**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

**ELISA QOTRUNADA
NIM. 175080501111023**



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

SKRIPSI

LITERATURE REVIEW: INDUKSI HORMON BUATAN HUMAN CHORIONIC GONADOTROPIN (HCG) DAN PREGNANT MARE SERUM GONADOTROPIN (PMSG) TERHADAP PERKEMBANGAN GONAD JANTAN IKAN SIDAT (*Anguilla spp.*)

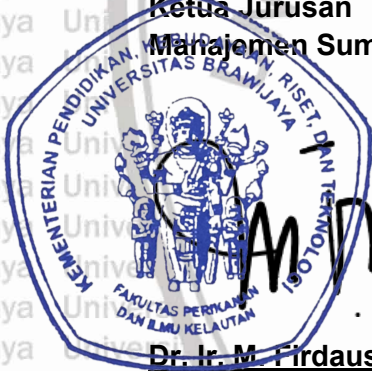
Oleh:

**ELISA QOTRUNADA
NIM.175080501111023**

**Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 23 November 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan
Manajemen Sumber Daya Perairan**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. M. Firdaus, MP.
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal : 10 / 12 / 2021**

**Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS.
NIP. 19600425 19850 3 100
Tanggal : 10 / 12 / 2021**



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elisa Qotrunada

NIM : 175080501111023

Judul Skripsi : *Literature Review: Induksi Hormon Buatan Human Chorionic Gonadotropin (HCG) dan Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG) terhadap Perkembangan Gonad Jantan Ikan Sidat (Anguilla spp.)*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan *Review* sebagai pengganti skripsi ini berdasarkan hasil kajian, analisa, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri yang berasal dari telaah berbagai sumber pustaka. Sedangkan baik untuk naskah, tabel, gambar maupun ilustrasi lainnya yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini yang berasal dari sumber pustaka atau dari karya/ pendapat/ penelitian orang lain, maka saya telah mencantumkan sumber yang jelas dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Brawijaya, Malang. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, 23 November 2021

Elisa Qotrunada
NIM. 175080501111023

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Induksi Hormon Buatan *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) terhadap Perkembangan Gonad Jantan Ikan Sidat (*Anguilla* spp.)

Nama : Elisa Qotrunada

NIM : 175080501111023

Program Studi : Budidaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING

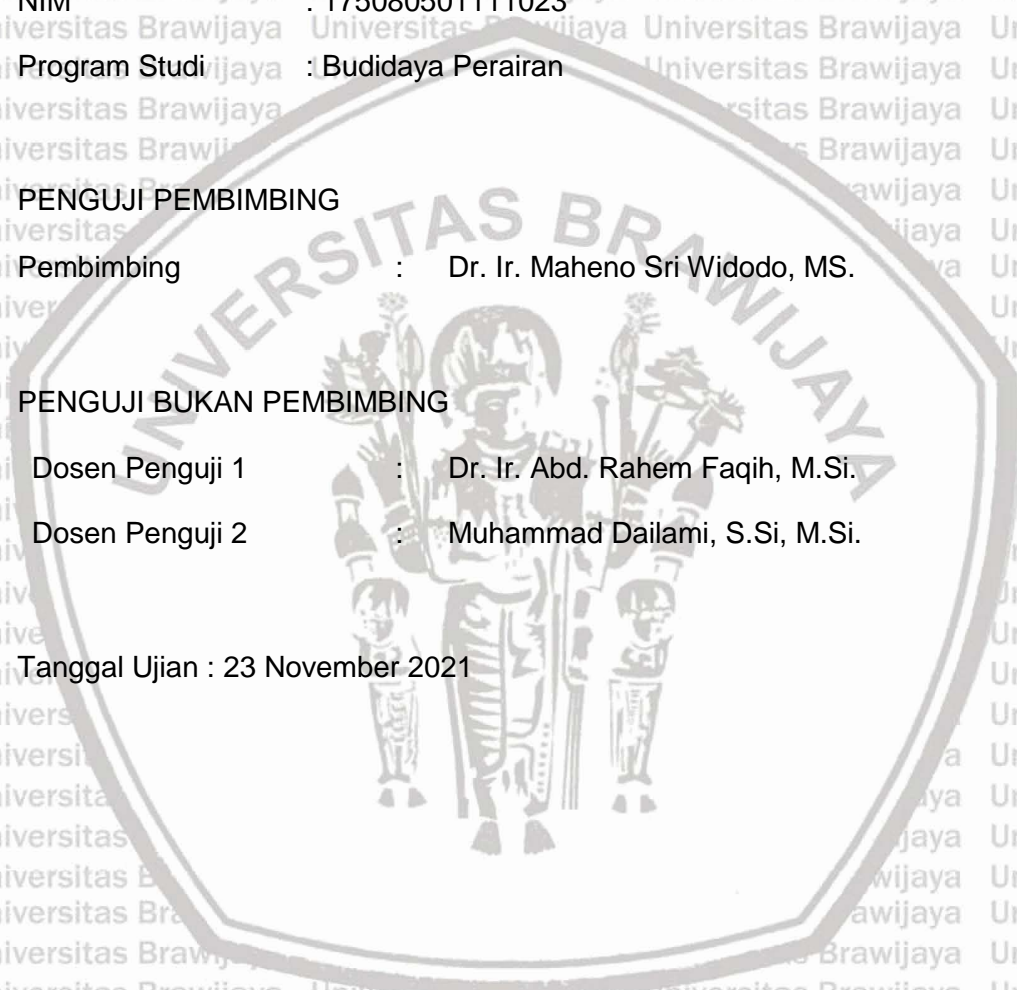
Pembimbing : Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Abd. Rahem Faqih, M.Si.

Dosen Penguji 2 : Muhammad Dailami, S.Si, M.Si.

Tanggal Ujian : 23 November 2021



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas karunia, kesehatan dan kelancaran yang diberikan selama ini sehingga laporan *review* pengganti skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak, Ibu, Adik dan semua keluarga yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi selama penyusunan laporan *review* pengganti skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. M. Firdaus, MP. selaku Ketua Jurusan MSP dan Ibu Dr. Yuni Kilawati S.Pi. selaku Sekertaris Jurusan MSP.
4. Bapak Wahyu Endra Kusuma, M.Sc., D.Sc. selaku Ketua Prodi BP.
5. Bapak Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, wawasan, serta bimbingan selama penyusunan laporan *review* pengganti skripsi.
6. The Qorib (Inggil, Cici, Dina, Iis dan Iza) yang selalu ada untuk memberikan semangat dan mendengarkan keluh kesah.
7. Teman-teman satu perjuangan, satu angkatan Aquaorca yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta semua informasi yang dibutuhkan untuk kegiatan skripsi.
8. Tim Skripsi 2021 (Alfie, Ivan, Iqbal, Dimas, Fajar, Dirga, Rifaldi).

Malang, 23 November 2021

Elisa Qotrunada
NIM. 175080501111023

RINGKASAN

ELISA QOTRUNADA. Skripsi tentang Induksi Hormon Buatan *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) terhadap Perkembangan Gonad Jantan Ikan Sidat (*Anguilla* spp.) (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS.**)

Indonesia merupakan negara dengan perairan yang sangat luas sekitar 5,8 juta km², dengan luas tersebut Indonesia memiliki potensi perikanan budidaya yang sangat besar untuk dikembangkan. Ikan sidat (*Anguilla* spp.) merupakan salah satu komoditas yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia karena banyak ikan sidat ditemukan di perairan seperti Pantai Selatan Jawa, Sumatera dan Sulawesi. Ikan sidat memiliki harga jual yang cukup tinggi Rp. 120.000-150.000 (pasar nasional) sampai Rp. 300.000-600.000 (pasar internasional). Di Indonesia budidaya ikan sidat umumnya hanya dilakukan pada kegiatan pembesaran. Hal ini dikarenakan, penguasaan teknologi yang masih rendah, serta pertumbuhan ikan sidat menuju matang gonad memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga diperlukan suatu cara untuk mempercepat kematangan gonad, yaitu dengan melakukan induksi hormon buatan *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG).

Tujuan dari *literature review* ini yaitu untuk mengetahui efektivitas penggunaan hormon HCG dan PMSG terhadap perkembangan gonad ikan sidat, sehingga dapat digunakan sebagai bahan informasi dalam pengembangan pembenihan ikan sidat yang sulit mengalami matang gonad dengan cara induksi hormonal menggunakan hormon HCG dan PMSG. Metode yang digunakan yaitu metode *review* atau studi pustaka dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sumber literatur.

Hasil yang didapatkan dari *literature review* berdasarkan beberapa jurnal mengenai induksi hormon HCG dan PMSG terhadap perkembangan gonad jantan ikan sidat. Hasil ini dididatpadatkan pada dua perlakuan, yaitu dosis 1.000 IU/ikan memperlihatkan fase spermatosit dan spermatid setelah 20 hari injeksi dan dosis 1,5 IU/kg memasuki fase spermatosit (minggu ke-3), yang selanjutnya fase spermatozoa sampai spermiasi (minggu 4 dan 7). Hormon HCG umumnya menghasilkan tahap TKG I-V, sedangkan PMSG hanya mampu sampai tahap TKG III. Analisis ekonomi penggunaan hormon HCG lebih ekonomis, dibandingkan penggunaan hormon PMSG. Hal tersebut dikaitkan dengan harga yang dikeluarkan bisa sebanding dengan kualitas sperma atau telur yang dihasilkan.

Kata kunci: induksi hormon, HCG, PMSG, perkembangan gonad, sidat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang dilipahkan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan usulan Skripsi dengan judul "**Literature Review: Induksi Hormon Buatan Human Chorionic Gonadotropin (HCG) dan Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG) terhadap Perkembangan Gonad Jantan Ikan Sidat (*Anguilla spp.*)**" sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Usulan skripsi ini diharapkan dapat menjadi pegangan dalam penelitian selanjutnya sekaligus menambah wawasan. Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan usulan skripsi ini. Oleh karena itu, saya berharap kepada berbagai pihak khususnya dosen pembimbing untuk memberikan masukan yang bersifat membangun untuk menjadikan laporan ini lebih baik.

Malang, 23 November 2021

Elisa Qotrunada
NIM. 175080501111023

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN ORISINALITASiv

IDENTITAS TIM PENGUJIv

UCAPAN TERIMA KASIHvi

RINGKASANvii

KATA PENGANTARviii

DAFTAR ISIv

DAFTAR GAMBARv

DAFTAR LAMPIRANv

BAB I. PENDAHULUAN1

 1.1 Latar Belakang1

 1.2 Tujuan3

 1.3 Kegunaan3

BAB II. METODE *REVIEW*4

 2.1 Metode Pengambilan Data4

 2.2 Metode Penentuan Topik5

 2.3 Metode Pencarian Pustaka5

 2.4 Hasil Ekstraksi Data6

BAB III. HASIL *REVIEW*7

 3.1 Jurnal *Review*7

 3.2 Biologi Ikan Sidat (*Anguilla* spp.)8

 3.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Sidat8

 3.2.2 Habitat dan Siklus Hidup Ikan Sidat9

 3.2.3 Adaptasi Osmotik11

 3.2.4 Kebiasaan Makan Ikan Sidat12

 3.3 Prosedur Penelitian Induksi Hormon Terdahulu13

 3.4 Jenis Hormon Buatan yang Digunakan18

 3.4.1 Hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG)18

 3.4.2 Hormon *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG)19

 3.5 Alur Kerja Hormon Reproduksi21

 3.6 Parameter Penelitian Terdahulu23

 3.6.1 Anatomi Gonad23

 3.6.2 Indeks Gonadosomatik (IGS)23

 3.6.3 Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan Histologi Gonad23

 3.6.4 Kualitas Air25

 3.6.5 Analisis Ekonomi25

 3.7 Hasil dan Pembahasan26

 3.7.1 Ekstraksi Data26

 3.7.2 Anatomi Ikan Sidat45



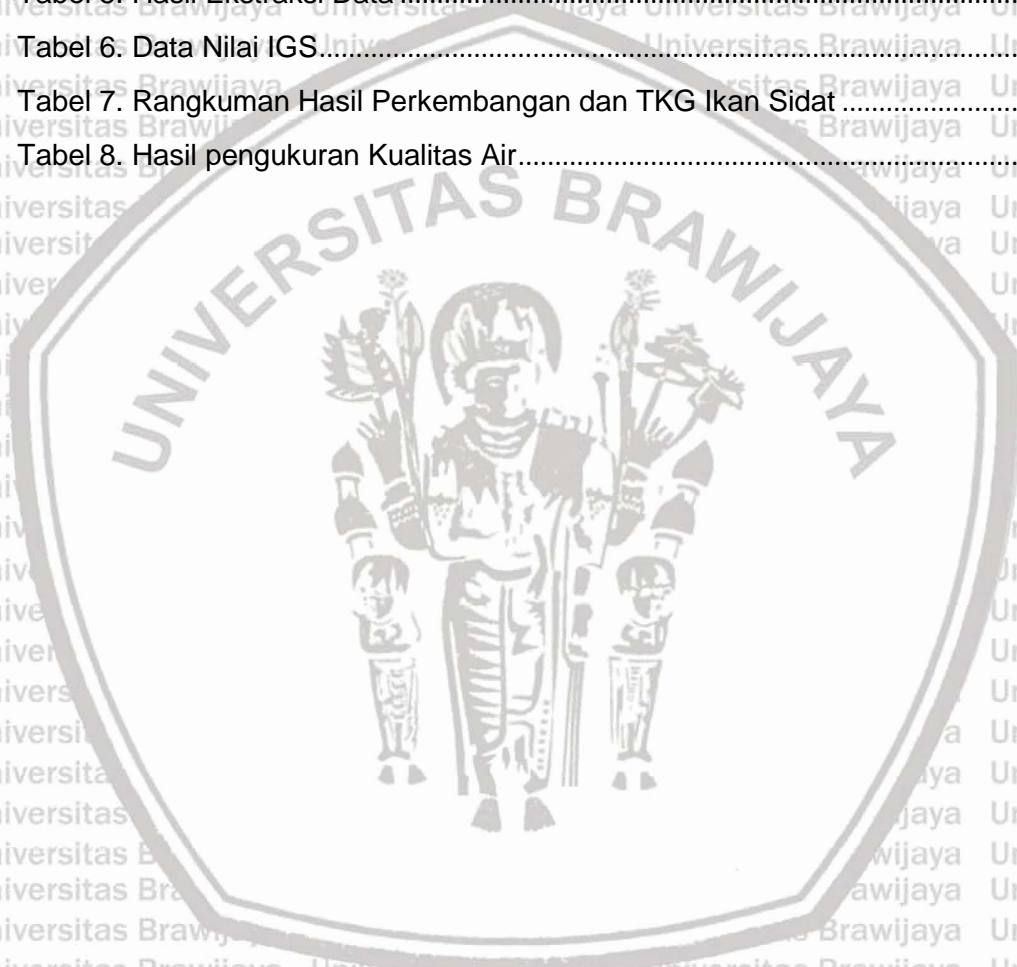
4.7.4 Indeks Gonadosomatik (IGS).....	46
4.7.5 Histologi dan Tingkat Kematangan Gonad (TKG).....	47
4.7.6 Kualitas Air	57
4.7.7 Analisis Ekonomi	58
BAB V. PENUTUP	60
4.1 Kesimpulan.....	60
4.2 Saran.....	60
GLOSARIUM	61
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	70



DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

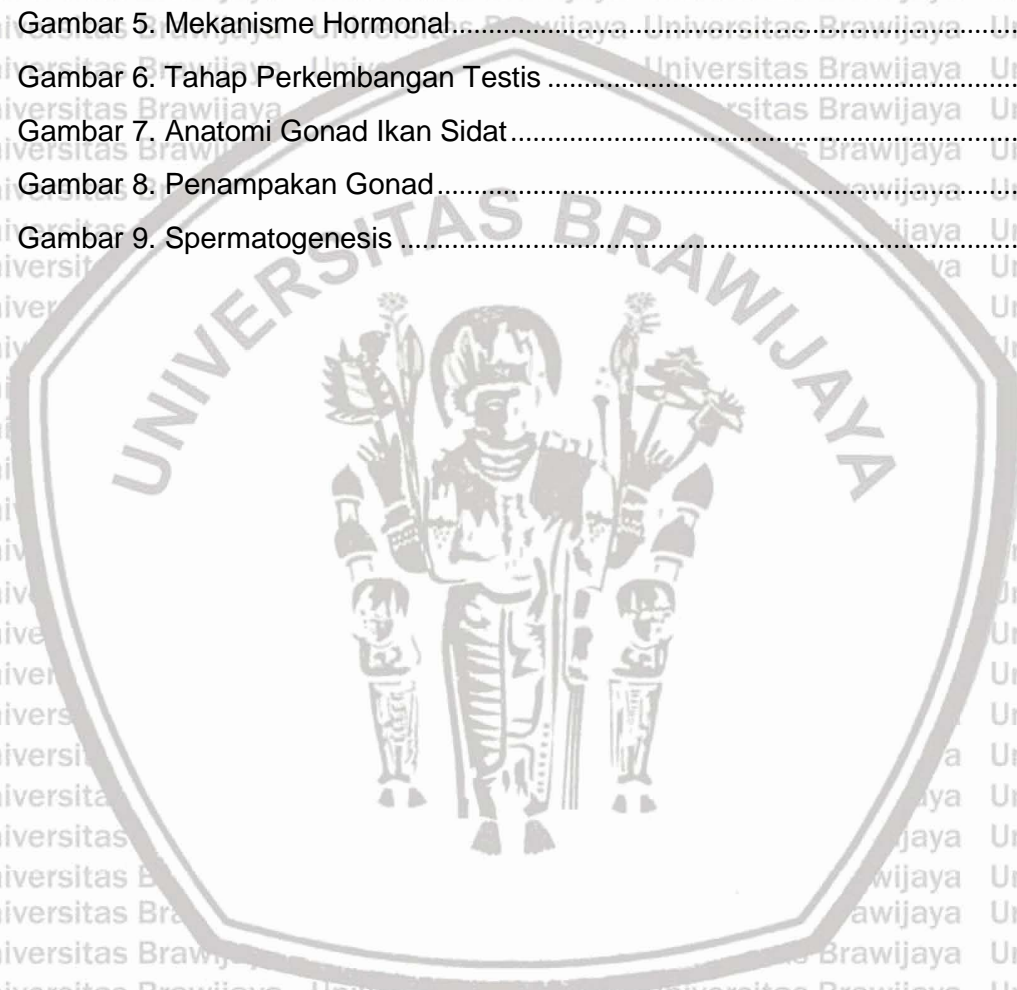
Tabel 1. Jumlah Jurnal berdasarkan Tahun Terbit	7
Tabel 2. Metode Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Hormon HCG dan PMSG	20
Tabel 5. Hasil Ekstraksi Data	27
Tabel 6. Data Nilai IGS	46
Tabel 7. Rangkuman Hasil Perkembangan dan TKG Ikan Sidat	50
Tabel 8. Hasil pengukuran Kualitas Air	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar

Gambar 1. Tahapan Penyusunan <i>Review</i>	4
Gambar 2. Ikan Sidat (<i>Anguilla</i> spp.).....	9
Gambar 3. Siklus Hidup Ikan Sidat.....	11
Gambar 4. Injeksi Hormonal.....	14
Gambar 5. Mekanisme Hormonal.....	21
Gambar 6. Tahap Perkembangan Testis	25
Gambar 7. Anatomi Gonad Ikan Sidat.....	45
Gambar 8. Penampakan Gonad.....	46
Gambar 9. Spermatogenesis	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Abstraksi Jurnal..... 70



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki perairan sangat luas sekitar 5,8 juta km², sehingga dengan luas tersebut perikanan budidaya Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan (Salsabila dan Suprpto, 2018). Salah satu komoditas budidaya yang berpotensi untuk dikembangkan saat ini, yaitu ikan sidat (*Anguilla* spp.). Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi negara pemasok ikan sidat ke pasar internasional, karena banyak ikan sidat yang ditemukan diperairan Indonesia seperti pantai selatan Jawa, Sumatera dan Sulawesi (Ahlina, *et al.*, 2015). Ikan sidat di alam didominasi oleh jenis *A. bicolor*, *A. anguilla* dan *A. Japonica*.

Harga ikan sidat jenis *Anguilla bicolor* ukuran > 250 gr/ekor sebesar Rp. 120.000-150.000/kg pasar nasional dan Rp.300.000-600.000/kg pasar internasional. Ikan sidat merupakan hewan hermaprodit protandri artinya jenis kelamin mengalami perubahan dari jantan ke betina (Sudrajat, *et al.*, 2014). Daur hidup ikan sidat termasuk ikan katadromus, artinya tumbuh dan berkembang di perairan tawar, tetapi pemijahannya dilakukan di perairan laut (Diansyah dan Marlian, 2016).

Budidaya ikan sidat saat ini masih sangat terbatas, karena penguasaan teknologi yang masih rendah dan kurangnya informasi mengenai reproduksi ikan sidat (kematangan gonad). Budidaya ikan sidat, umumnya dilakukan hanya pada kegiatan pembesaran. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk mendapatkan benih yang hanya memanfaatkan hasil dari tangkapan di alam. Penangkapan yang dilakukan secara terus menerus pada akhirnya akan menyebabkan kepunahan. Untuk menghindari kelangkaan dimasa mendatang, maka perlu dilakukan suatu

upaya untuk memproduksi benih ikan sidat secara terkontrol, sehingga diperlukan suatu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan melakukan induksi hormon buatan sebagai alternatif pengembangan usaha pembenihan ikan sidat yang sulit mengalami matang gonad agar segera memijah. Salah satu hormon yang sering digunakan untuk mempercepat perangsangan kematangan gonad ikan sidat adalah *Human Chorionic Gonadotropin (HCG)* dan *Pregnant Maturation Serum Gonadotropin (PMSG)*.

HCG adalah hormon gonadotropin yang disintesis oleh sel sinsitotroblast dari plasenta dan sekresi urin wanita hamil. Hormon HCG mengandung *Folicle Stimulating Hormone (FSH)* dan *Luteizing Hormone (LH)* dengan aktivitas lebih menyerupai LH. Hormon HCG efektif untuk meningkatkan diameter telur, karena semakin tinggi dosis diameter telur semakin besar (Putra, *et al.*, 2013). Penggunaan hormon HCG dengan dosis $1,5 \text{ IU/kg}^{-1}$ selama 20 minggu mampu mempercepat kematangan gonad ikan sidat (Gallego, *et al.*, 2012).

PMSG adalah glikoprotein kompleks yang diperoleh dari serum kuda hamil. Hormon PMSG juga mengandung FSH dan LH dengan aktivitas FSH yang lebih besar. Hormon PMSG bekerja dengan cara merangsang pertumbuhan sel interstitial dan pembentukan sel lutea. Penggunaan PMSG dosis 10 IU/kg^{-1} kombinasi dapat mempercepat pematangan testis ikan sidat (Aryani, *et al.*, 2015). Putri, *et al.* (2019) menambahkan hormon PMSG merupakan hormon yang dapat merangsang pematangan telur.

Review ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan informasi dalam pengembangan pembenihan ikan sidat melalui induksi hormonal menggunakan hormon HCG dan PMSG.

1.2 Tujuan

Tujuan review ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efektivitas hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) terhadap kematangan gonad jantan ikan sidat (*Anguilla* spp.).
2. Mengetahui perkembangan gonad jantan ikan sidat setelah diinduksi hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG).

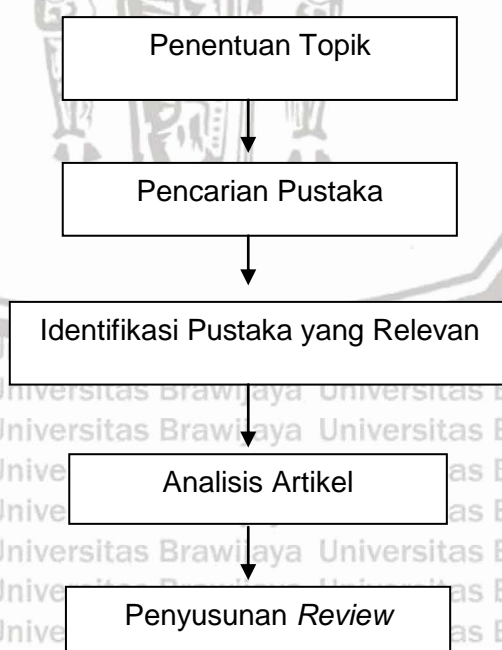
1.3 Kegunaan

Kegunaan dari *literature review* ini adalah sebagai salah satu sumber informasi mengenai efektivitas kinerja hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum gonadotropin* (PMSG) terhadap kematangan gonad ikan sidat yang dapat digunakan dalam hal pengembangan kegiatan pembenihan ikan sidat.

BAB II. METODE REVIEW

2.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan menggunakan metode *review* atau studi pustaka. Metode *review* adalah suatu cara pengumpulan data untuk dijadikan sebuah karya penelitian melalui hasil-hasil penelitian terdahulu. Menurut Semiawan (2010), *literature review* adalah bahan tertulis yang dikemukakan oleh ilmuan sebelumnya mengenai topik yang akan dibahas oleh pembuat *review* dengan sumber berasal dari buku atau jurnal. Zed (2004) berpendapat bahwa pengumpulan data berupa pustaka dilakukan dengan cara membaca, mencatat dan mengolahnya menjadi suatu karya. Haryanto, *et al.* (2000), menambahkan studi pustaka berisi berbagai pendapat yang dikemukakan orang lain mengenai suatu masalah dengan cara ditelaah, dibandingkan dan ditarik kesimpulan. Berikut tahapan pembuatan *literature review* (Gambar 1).



Gambar 1. Tahapan Penyusunan Review

2.2 Metode Penentuan Topik

Topik pembahasan yang digunakan dalam review ini adalah efektivitas induksi hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) terhadap kematangan gonad ikan sidat (*Anguilla spp.*). Topik ini dipilih karena tidak banyak penelitian yang membahas tentang induksi hormon buatan HCG dan PMSG terhadap kematangan gonad ikan sidat. Ikan sidat merupakan ikan yang memiliki peluang besar untuk diproduksi ke pasar internasional, tetapi karena teknologi dan informasi mengenai reproduksi ikan sidat sangat sedikit, maka diperlukan suatu *literature review* yang membahas reproduksi ikan sidat yang berkaitan dengan kematangan gonad, sehingga dapat digunakan sebagai bahan informasi dalam upaya pengembangan pembenihan ikan sidat.

2.3 Metode Pencarian Pustaka

Pencarian sumber pustaka yang di review dilakukan secara daring dengan mengakses melalui laman pencarian *Google* menggunakan beberapa kata kunci. Kata kunci yang digunakan berhubungan dengan penggunaan hormon buatan dalam meningkatkan kematangan gonad ikan sidat. Literatur yang digunakan berasal dari jurnal yang diakses dari penerbit nasional dan internasional seperti *Science Direct*, Elsevier dan SINTA. Jurnal utama yang digunakan berjumlah ≥ 20 jurnal dengan batas tahun terbit minimal tahun 2010.

Persentase penggunaan jurnal nasional sebanyak 40% dan internasional 60%.

Sumber pustaka yang diprioritaskan adalah sumber internasional, maka dari itu kata kunci yang digunakan dalam mencari jurnal menggunakan bahasa Inggris dan bahasa Indonesia. Kata kunci yang digunakan yaitu *'maturing*

artificial hormone”, “*induced hormone*”, “*gonadosomatic eel*”, “*fecundity eel*”, “*behavior eel*”, “*oosite and egg quality*”, “*reproduction eel*”, “*artificial maturation process hormone Human Chorionoc Gonadotropin*”, “*Pregnant Mare Serum Gonadotropin*”, “*induksi hormon HCG*”, “*induksi hormon PMSG*”, “*kematangan gonad ikan sidat*”, “*siklus reproduksi ikan sidat*”. Setelah pustakan didapatkan dengan menggunakan kata kunci yang telah disebutkan, selanjutnya jurnal diidentifikasi agar sesuai dengan topik yang akan di *review*.

2.4 Hasil Ekstraksi Data

Ekstraksi data dilakukan untuk mendapatkan suatu data dengan mengambil dari sumber data. Data yang telah di ekstraksi selanjutnya dianalisis dan disusun. Penulisan hasil ekstraksi ditulis dalam bentuk tabel agar memudahkan pembaca dalam memahami isi *review*. Komponen penulisan ekstraksi data berupa nama pengarang, judul jurnal, tahun terbit, hasil pembahasan dan indeks jurnal. Setelah itu, dipaparkan hasil dari ekstraksi jurnal dalam bentuk paragraf. Hal ini diharapkan agar pembaca dapat memahami isi *review* dengan baik.

BAB III. HASIL REVIEW

3.1 Jurnal Review

Jurnal yang di review terdiri dari jurnal internasional dan jurnal nasional.

Jurnal utama yang digunakan berjumlah \geq 20 jurnal dengan batas tahun terbit minimal tahun 2010. Perbandingan penggunaan jurnal berupa 60% jurnal internasional dan 40% jurnal nasional. Pencarian jurnal melalui *science direct*, *google scholar* serta *database* lainnya yang menyediakan jurnal untuk mendukung review ini. Jumlah jurnal yang digunakan sebagai bahan review disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Jurnal berdasarkan Tahun Terbit

Tahun	: 2010
Jumlah	: 1
Penulis Internasional/Nasional	: Internasional
Indeks	: Elsevier - Scopus
Tahun	: 2012
Jumlah	: 1
Penulis Internasional/Nasional	: Internasional
Indeks	: Elsevier - Scopus
Tahun	: 2013
Jumlah	: 2
Penulis Internasional/Nasional	: Internasional dan Nasional
Indeks	: Elsevier - Scopus, SINTA
Tahun	: 2014
Jumlah	: 1
Penulis Internasional/Nasional	: Nasional
Indeks	: SINTA
Tahun	: 2015
Jumlah	: 5

Penulis Internasional/Nasional : Internasional dan Nasional
 Indeks : Elsevier - Scopus, SINTA, CSIRO

Tahun : 2016

Jumlah : 3

Penulis Internasional/Nasional : Internasional
 Indeks : Elsevier - Scopus

Tahun : 2017

Jumlah : 2

Penulis Internasional/Nasional : Internasional dan Nasional
 Indeks : Elsevier - Scopus, SINTA

Tahun : 2019

Jumlah : 2

Penulis Internasional/Nasional : Internasional
 Indeks : Elsevier - Scopus

Tahun : 2020

Jumlah : 1

Penulis Internasional/Nasional : Internasional
 Indeks : Elsevier - Scopus

3.2 Biologi Ikan Sidat (*Anguilla spp.*)

3.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Sidat

Klasifikasi ikan sidat menurut Sasongko (2007) sebagai berikut:

- Filum : Chordata
- Kelas : Osteichthyes
- Sub kelas : Actinopterygii
- Infrakelas : Teleostei
- Superordo : Elopomorpha
- Ordo : Anguilliformes
- Famili : Anguillidae
- Genus : *Anguilla*
- Spesies : *Anguilla spp.*



Tubuh ikan sidat terdiri dari tiga bagian, yaitu kepala, perut dan ekor. Ikan sidat memiliki bentuk tubuh yang memanjang yang dilengkapi dengan 4 buah, yaitu sirip dada, sirip punggung, sirip ekor dan sirip dubur dan termasuk ikan nokturnal. Tubuh ikan sidat dilapisi lendir dan tidak mempunyai sisik. Massijaya, *et al.* (2021), menambahkan bahwa ikan sidat memiliki ukuran dan berat yang berbeda-beda pada setiap fase perkembangannya. Fase *glass eel* memiliki panjang 0,50-0,51cm dengan berat 0,19-0,20 gram dan *silver eel* memiliki ukuran 80-150 cm dengan berat 800-15.000 gram. Adapun gambar ikan sidat disajikan pada Gambar 2.



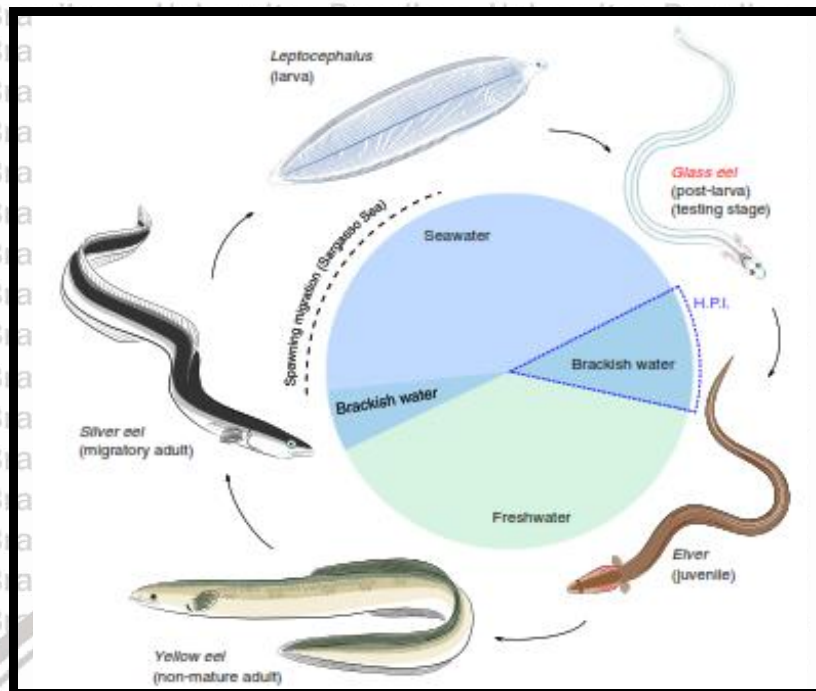
Sumber: Rustadi, 2019
Gambar 2. Ikan Sidat (*Anguilla* spp.)

3.2.2 Habitat dan Siklus Hidup Ikan Sidat

Ikan sidat merupakan ikan yang hidup di dua habitat perairan, seperti air tawar dan air laut. Oleh karena itu, siklus hidup ikan sidat disebut katadromus, artinya ikan tumbuh dan berkembang di perairan tawar dan memijah di perairan laut (Yuniarti, dkk 2021). Roy (2013) menambahkan bahwa ikan sidat dapat beradaptasi diperairan dengan suhu berkisar 12-31°C. Salinitas air yang dapat ditoleransi ikan sidat berkisar 0-35 ppm. Sidat muda lebih menyukai perairan dengan salinitas rendah dan turbiditas tinggi. Ikan sidat jantan banyak terdapat pada perairan arus deras, sedangkan sidat betina menyukai perairan estuari dengan arus tenang. Sidat dewasa akan bermigrasi ke laut dengan kedalaman 6.000 dpl untuk bereproduksi. Sidat dewasa jantan mengalami matang gonad

pada umur 3-4 tahun, sedangkan sidat betina umur 4-5 tahun (Rustadi, 2019), tetapi menurut penelitian yang dilakukan Arai dan Chino (2020), waktu pematangan gonad tidak hanya bergantung pada umur atau pertumbuhan, melainkan juga dengan kondisi lingkungan yang sesuai untuk kehidupan ikan sidat. Ikan sidat tropis (*A. bicolor*) dapat hidup dan berkembang biak pada kondisi perairan yang memiliki suhu (26-33,5°C), nilai TDS (3.438,5-21.814 mg/L), nilai kekeruhan (2,6-23,4 NTU), kecepatan arus (1,5-57 m/s) dan salinitas (0-16,8 ppt) (Sugianti, *et al.*, 2020) sesuai dengan jenis dan fase stadiannya. Sedangkan ikan sidat (*A. aguilla*) pada lingkungan alami berada pada lingkungan dengan suhu 16-20°C (Tabouret, *et al.*, 2010) dan salinitas 25-35 ppt (Ayala dan Munk, 2018).

Umumnya ikan sidat memiliki lima tahap perkembangan dalam siklus hidupnya (Gambar 3), yaitu (1) *Leptochepalus* (larva yang mampu beradaptasi dan hidup secara planktonik di laut) pada fase ini untuk berkembang menjadi *glass eel* membutuhkan waktu beberapa bulan bahkan sampai ± 2 tahun, (2) *Glass eel* (transparan) pada fase ini *glass eel* akan meninggalkan laut dan mulai bermigrasi ke daerah pesisir, (3) *Elver eel* (memiliki pigmen warna pada tubuh) terjadi saat mencapai hulu, (4) *Yellow eel* (ikan sidat muda) dan (5) *Silver eel* (ikan sidat dewasa) terus bermigrasi ke hilir selama tahap pematangan gonad dan kembali ke pantai untuk proses pemijahan (Arai, 2020).



Sumber: Cresci, *et al.*, 2019
Gambar 3. Siklus Hidup Ikan Sidat

Masa hidup beberapa jenis sidat memiliki persentase 23% di air tawar dan 77% di muara atau laut, sedangkan untuk *A. bicolor* memiliki persentase hidup 76% air tawar dan 24% air muara (Arai dan Chino, 2020). Jarak migrasi untuk memijah jenis *A. anguilla* dan *A. rostrata* di Samudra Atlantik 2.000-8.000 km dan *A. japonica* dengan jarak 2.000-4.000 km. Sedangkan Anguilla daerah tropis Asia Tenggara seperti *A. bicolor*; *A. borneensis* jarak migrasinya sangat pendek kurang dari 100 km (Arai, 2020).

3.2.3 Adaptasi Osmotik

Ikan sidat melakukan penyesuaian diri terhadap lingkungan yang bersalinitas dengan melakukan osmoregulasi. Osmoregulasi adalah mekanisme menyesuaikan konsentrasi molekul didalam sel tubuh dengan lingkungan luar tubuh (Nurhayati, *et al*, 2019). Untuk mengatasi hal tersebut ikan sidat memiliki beberapa macam pola osmoregulasi. Pola osmoregulasi (1) osmokonformer, yaitu osmolaritas di dalam darah akan melakukan penyesuaian dengan tingkat osmolaritas yang berada di perairan estuari (larva); (2) osmoregulator yang

lemah, hanya mampu beradaptasi dengan salinitas 0-7 permil (elver) dan (3) osmoregulator yang mampu beradaptasi pada salinitas 0-35 permil (*yellow dan silver eel*) (Anggoro, dkk 2021). Osmoregulasi pada sidat dilakukan oleh organ ginjal.

Organ ginjal berfungsi untuk mengatur keseimbangan cairan di dalam tubuh ikan dan melakukan ekskresi ion yang sudah tidak dibutuhkan oleh tubuh.

Ginjal air tawar memiliki ginjal yang mengandung banyak glomerulus, sedangkan ginjal air laut memiliki ginjal yang kecil dengan sedikit glomerulus (Nurhayati, *et al.*, 2019). Saat ikan sidat berada di perairan tawar akan melakukan

osmoregulasi hiper-osmotik karena cairan tubuh ikan mempunyai tekanan yang lebih tinggi dari lingkungan yang menyebabkan garam didalam tubuh ikan keluar, sehingga untuk mempertahankan keseimbangannya ikan sidat meminum sedikit air dan menghasilkan urin yang encer. Di perairan laut ikan sidat melakukan osmoregulasi hipo-osmotik karena cairan didalam tubuh ikan lebih rendah dari lingkungan yang menyebabkan cairan tubuh keluar menuju lingkungan, sehingga untuk meningkatkan cairan tubuh ikan sidat akan meminum banyak air dan mengeluarkan urin yang pekat (Rinidar, *et al.*, 2021).

3.2.4 Kebiasaan Makan Ikan Sidat

Ikan sidat termasuk jenis ikan karnivora pada saat dewasa dan omnivora pada fase *Leptocephalus*. Jenis pakan ikan sidat tergantung dengan kondisi habitatnya (sesuai yang tersedia). Di alam, ikan sidat dapat memakan cacing kecil dan ikan-ikan kecil lainnya yang disesuaikan dengan bukaan mulut. Selain itu, ikan sidat juga bersifat kanibal (memakan sesama). Kebiasaan mencari pakan ikan sidat paling tinggi dilakukan saat malam hari. Hal ini dikarenakan, ikan sidat termasuk ikan nokturnal (Rustadi, 2019). Sedangkan ikan sidat yang dikembangkan dengan cara budidaya, kebutuhan pakannya dipenuhi dengan memberikan pakan buatan (pasta) atau pakan alami berupa *T. tubifex*.

Pertumbuhan ikan sidat tergolong lambat, karena untuk mencapai ukuran 120 gram (konsumsi), ikan sidat membutuhkan waktu 8 sampai 9 bulan pemeliharaan. Laju pertumbuhan ikan salah satunya dipengaruhi pakan. Hal ini dikarenakan pakan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pada ikan. Oleh karena itu, ketersediaan pakan sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan ikan (Arief, *et al.*, 2011).

3.3 Prosedur Penelitian Induksi Hormon Terdahulu

Ikan sidat merupakan ikan yang memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengalami kematangan gonad. Oleh karena itu, salah satu upaya untuk menghasilkan produksi benih ikan sidat secara terkontrol dapat dilakukan dengan melakukan teknik manipulasi hormon dengan tujuan untuk memanipulasi pematangan akhir dan ovulasi pada gonad, agar dapat bereproduksi lebih awal dari biasanya. Manipulasi hormonal dilakukan untuk merangsang Hipotalamus-pituitari. Adapun hormon yang terlibat dalam proses ini adalah *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH), *Gonadotropin Hormone* (GtH) dan steroid. Hormon yang diberikan secara eksogen dapat dilakukan melalui penyuntikan, pakan dan implantasi. Penyuntikan melalui kombinasi hormon pada masing-masing pelakuan merupakan jalan pintas yang digunakan untuk memaksimalkan poros tersebut (Sudrajat, *et al.*, 2014). Di Jepang (Ozaki, *et al.*, 2019) dan Eropa (Gallego, *et al.*, 2012) pematangan gonad melalui injeksi hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) telah berhasil dilakukan untuk meningkatkan kematangan gonad ikan sidat (Gambar 4). Teknik manipulasi hormonal pada ikan umumnya dilakukan dengan cara injeksi hormon ke dalam tubuh ikan pada bagian intramuskular atau intraperitoneal.



Sumber: Miura dan Miura, 2011

Gambar 4. Injeksi Hormonal

Prosedur induksi pematangan gonad menggunakan hormon HCG dan

PMSG secara keseluruhan tidak jauh berbeda, yang berbeda hanya jenis hormon yang diinduksikan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai

berikut: (1) Ikan diaklimatisasi terlebih dahulu pada media bersalinitas 30-37 ppt

secara bertahap (5 hari – 7 hari). Hal ini bertujuan agar ikan sidat mampu

beradaptas dengan lingkungan yang baru dan tidak stress; (2) Ikan dimasukkan

kedalam akuarium atau tangki (Ukuran $50 \times 50 \times 70 \text{ cm}^3$ / $3 \times 2 \times 1,5 \text{ m}^3$ / $1 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3$

/ $1,7 \times 1,7 \times 1 \text{ m}^3$ atau volume 300 - 3.400 L) yang dilengkapi sistem resirkulasi,

aerasi, termostat dan penutup plastik (agar tingkat kegelapan konstan dan ikan

tidak loncat keluar); (3) Sebelum dilakukan penyuntikan hormon, ikan dibius

terlebih dahulu menggunakan benzokain (60 ppm; 0,15 g / L) atau stabilizer 1 mL

dalam 0,5 L air selama tiga menit atau AQUI-S (15mg/L air) atau metode elektro-

anestesi transformator *step down* 500 VA selama 20-25 detik agar ikan tidak

sadar. (4) Saat ikan dalam keadaan tidak sadar dilakukan penimbangan bobot

tubuh dan pengukuran panjang tubuh ikan yang akan digunakan dalam

perhitungan nilai IGS; (5) Setelah itu dilakukan penyuntikan hormon secara

intraperitoneal ataupun intramuskular sesuai dosis yang telah ditentukan setiap

satu minggu sekali dengan lama perawatan yang berbeda (4 minggu, 8 minggu,

10 minggu, 25 minggu); (6) Pengambilan sampel (IGS dan Histologi Gonad) yang

akan diamati dilakukan setiap minggu dengan mengorbankan 1-3 ekor ikan; (7)

Selama perawatan pengontrolan kualitas air dilakukan setiap minggu, sedangkan

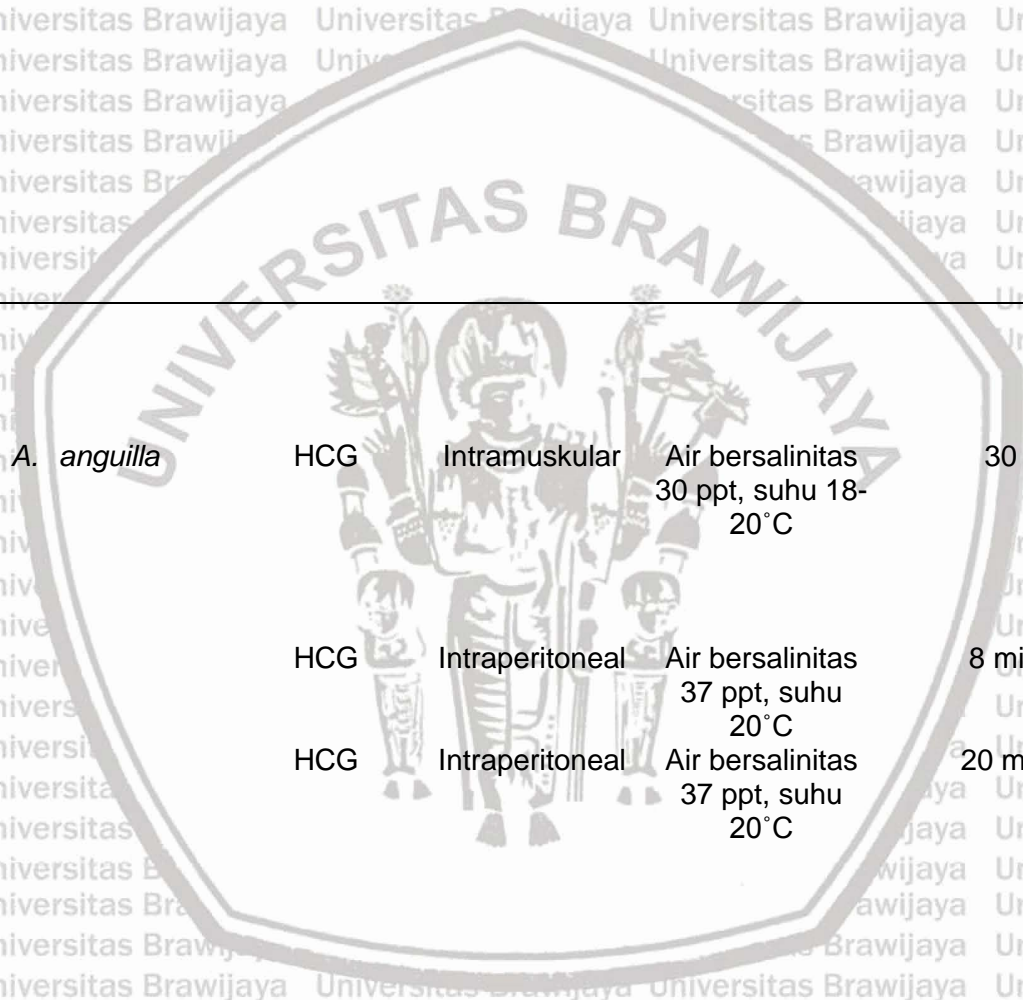
pemberian pakan dilakukan 2-3 kali per hari (09.00 dan 16.00 WIB)

menggunakan jenis pakan komersial protein 45-46% (penelitian lain tanpa diberi pakan). Rangkuman prosedur penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2. Metode Penelitian Terdahulu

Spesies	Jenis Hormon	Metode Injeksi	Media Pemeliharaan	Lama Pemeliharaan	Frekuensi Pemberian Pakan	Referensi
<i>A. bicolor</i>	PMSG + AD	Intramuskular	Air bersalinitas 30 ppt	8 minggu	3x	Aryani, <i>et al.</i> , 2015
	PMSG + AD	Intramuskular	Air bersalinitas 25-30 ppt, suhu 27-28°C	8 minggu	2x	Ahlina, <i>et al.</i> , 2015
	PMSG Kombinasi	Intramuskular	Air bersalinitas 29-30 ppt, suhu 27-29°C	8 minggu	2x	Tomassoa, <i>et al.</i> 2015
	HCG, PMSG	Intramuskular	Air bersalinitas rendah 0-4 ppt, suhu 28-32°C	20 hari pemeliharaan dan 5x (35 hari)	1x	Sudrajat, <i>et al.</i> , 2014
	HCG Kombinasi	Intramuskular	Air tawar	10 minggu	1x	Zahri <i>et al.</i> , 2015
<i>A. anguilla</i>	HCG	Intraperitoneal	Air bersalinitas 30 ppt	25 minggu	Tidak diberi pakan selama perlakuan dan ditangani sesuai dengan peraturan Uni Eropa	Herranz, <i>et al.</i> , 2019
<i>A. australis</i>	HCG	Intramuskular	Air bersalinitas 30-35 ppt, suhu 18-22°C	4 minggu	Tidak ada informasi	Lokman, <i>et al.</i> , 2016
	HCG	Intraperitoneal	Salinitas 37 ppt, suhu 16-18°C	Tidak ada informasi	Tidak diberi pakan selama perlakuan	Nguyen, <i>et al.</i> , 2020



A. <i>anguilla</i>	HCG	Intramuskular	Air bersalinitas 30 ppt, suhu 18-20°C	30 hari	sesuai dengan pedoman Etik Universitas Otago. Tidak diberi pakan selama perlakuan sesuai dengan pedoman Etik Universitas Otago.	Ozaki, <i>et al.</i> , (2019)
	HCG	Intraperitoneal	Air bersalinitas 37 ppt, suhu 20°C	8 minggu	Tidak ada informasi	Morini, <i>et al.</i> , 2017
	HCG	Intraperitoneal	Air bersalinitas 37 ppt, suhu 20°C	20 minggu	Tidak diberi pakan selama perlakuan dan ditangani dan sesuai dengan peraturan Uni Eropa tentang perlindungan hewan percobaan	Gallego, <i>et al.</i> , 2012

Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin yang tersebar dalam sirkulasi darah dan mampu mempengaruhi organ target. Hormon tidak memiliki saluran khusus, sehingga beredar melalui pembuluh darah (Astuti, 2018). Hormon yang digunakan untuk merangsang reproduksi disebut dengan hormon reproduksi. Dalam penggunaan hormon pematangan gonad agar dapat berfungsi dengan baik, diperlukan suatu informasi mengenai jenis dan dosis hormon yang akan digunakan. Hal ini dapat diketahui dengan mencari informasi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai bahan acuan.

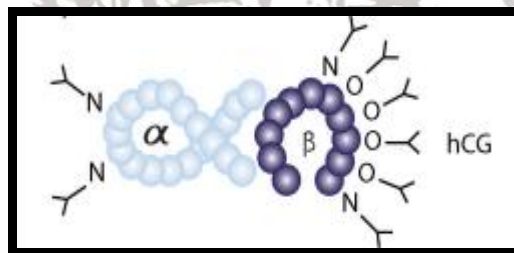
3.4 Jenis Hormon Buatan yang Digunakan

Dalam perkembangannya untuk mempercepat kematangan gonad ikan dilakukan penyuntikan hormon dengan menggunakan hormon buatan berupa hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG).

3.4.1 Hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG)

Human Chorionic Gonadotropin (HCG) dipasarkan sebagai Chorulan oleh Intervert, Inc., USA. Dosis penggunaan HCG umumnya berkisar antara 150 – 1.800 IU/kg (Hoga, *et al.*, 2018). HCG merupakan glikoprotein yang terdiri dari 237 asam amino dengan total delapan rantai samping karbohidrat dan diproduksi oleh syncytiotrofoblas wanita hamil (Gambar 5). HCG terdiri dari 2 sub unit, yaitu subunit- α (93-asam amino berat molekul 14,5 kDa) dengan homolog FSH dan LH, sedangkan subunit- β (145-asam amino berat molekul 22,2 kDa) dengan homolog 80-85% LH (Nwabuobi, *et al.*, 2017). Selain itu, hormon HCG memiliki aktivitas menyerupai LH dengan sedikit menyerupai FSH (Putra, *et al.*, 2013). Theofanakis, *et al.* (2017), menjelaskan bahwa LH dapat merangsang produksi androgen oleh sel teka, androgen ini digunakan sebagai substrat untuk

biosintesis estrogen, sedangkan FSH dapat meningkatkan aktivitas enzim aromatase. Dengan kata lain, LH mempengaruhi pematangan akhir dan ovulasi, sedangkan FSH mengatur folikel ovarium. Putra, *et al.* (2017) menambahkan penggunaan hormon HCG dapat membantu merangsang sekresi testosteron dan estradiol dalam tubuh ikan. Penggunaan hormon HCG dengan dosis $1,5 \text{ IU/kg}^{-1}$ selama 20 minggu mampu mempercepat kematangan gonad ikan sidat (Gallego, *et al.*, 2012). Hormon HCG sebagai gonadotropin langsung bekerja pada tingkat gonad untuk menginduksi pematangan gonad akhir dan dan ovulasi dengan pengaruh yang lebih cepat dari pada GnRH. Pada kasus reproduksi ikan laut banyak yang menggunakan hormon HCG untuk pematangan gonad ikan (Yulianto, *et al.*, 2019). Penggunaan hormon HCG umumnya digunakan untuk mengoptimalkan produksi dan kualitas sperma.



Sumber: Esteves, 2015

Gambar 5. Struktur Kimia HCG

3.4.2 Hormon *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG)

Hormon *Pregnant Mare Serum Maturation* (PMSG) menurut Kara, *et al.* (2019) merupakan glikoprotein yang berasal dari endometrium uterus dan diekstraksi dari serum kuda hamil. PMSG tersusun dari dua sub unit, yaitu sub unit α dan sub unit β , serta tersusun $\geq 40\%$ karbohidrat. Sub unit β (121-149) memiliki rantai lebih panjang dengan tambahan *carboxy-terminal peptide* (CTP) 39 asam amino. Selain itu, menurut Aryani, *et al.* (2015), PMSG memiliki aktivitas yang mirip dengan *Luteinizing Hormone* (LH) dan *Folicle Stimulating Hormone* (FSH), tetapi lebih dominan terhadap FSH. PMSG bekerja dengan cara merangsang

pembentukan sel interstitial dan pembentukan lutea (Samara, *et al.*, 2019).

PMSG dapat mempengaruhi perkembangan folikel dan proses ovulasi dan karena kandungan FSH lebih dominan, maka akan sangat berpengaruh baik

dalam menginduksi proses *vitellogenesis* (Putra, *et al.*, 2017). Penggunaan

PMSG dosis 10 IU/kg¹ kombinasi terbukti dapat mempercepat pematangan testis ikan sidat. Hormon PMSG merupakan salah satu hormon yang sering

digunakan untuk merangsang proses spermatogenesis ataupun *vitellogenesis* (Ahlina, *et al.*, 2015). PMSG terdapat pada salah satu produk hormon induksi

buatan, yaitu Oodev. Sumber hormon FSH banyak digunakan dan didapatkan dalam hormon PMSG (Putra, *et al.*, 2013)

Adapun kelebihan dan kekurangan penggunaan hormon HCG dan PMSG disajikan Tabel 3.

Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Hormon HCG dan PMSG

HCG		PMSG	
Kelebihan	Kekurangan	Kelebihan	Kekurangan
Respon sangat cepat	Tidak efektif apabila digunakan secara berulang, hal ini dikarenakan perkembangan respon imun ikan.	Spesifisitas rendah sehingga dapat digunakan secara luas	Penggunaan dosis secara berulang dapat memproduksi anti-PMSG, sehingga dapat mempengaruhi efektivitas kinerja hormon PMSG
Ketersediaannya melimpah		Berpotensi imunogenik (mampu menginduksi respon imun)	(mempengaruhi jumlah folikel yang berovulasi dan menurunnya tingkat fertilitas pada telur)
Steril, murni dan <i>bioassay</i>			

Sumber: Mylonas, *et al.*, 2017 dan Sun, *et al.*, 2019

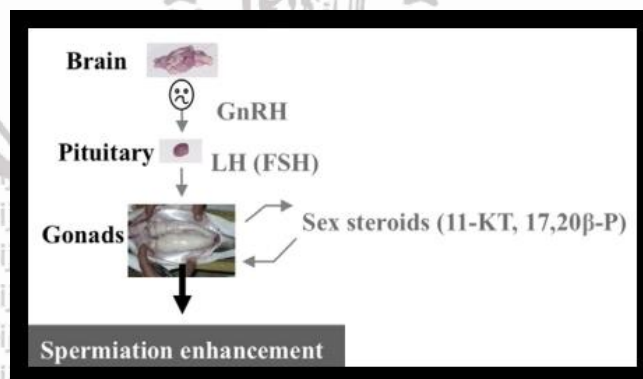
Hormon HCG dan PMSG dipilih karena sama-sama memiliki aktivitas yang mirip FSH dan LH (Putra, *et al.*, 2013; Aryani, *et al.*, 2015). Dalam



reproduksi ikan FSH berperan dalam perkembangan awal gonad, sedangkan LH berperan dalam pematangan akhir, sehingga dengan adanya kedua hormon tersebut mampu memaksimalkan perkembangan gonad yang dihasilkan (matang gonad dengan waktu singkat).

3.5 Alur Kerja Hormon Reproduksi

Proses pematangan gonad akan terjadi apabila hormon reproduksi bekerja sesuai dengan alur kinerja hormon reproduksi. Hormon reproduksi dihasilkan oleh hipotalamus bagian anterior, yang nantinya hipofisis berfungsi mengatur gametogenesis pada ikan dengan mengendalikan hormon steroidogenesis (Muruganankumar, *et al.*, 2016). Di lingkungan alami tahap awal perkembangan gonad dimulai dari adanya rangsangan lingkungan yang diterima oleh otak. Kemudian otak memerintahkan hipotalamus menghasilkan GnRH yang berfungsi menstimulasi hipofisis agar mengeluarkan *Folicle Stimulating Hormone* (FSH) dan *Luteinizing Hormone* (LH) (Mylonas, *et al.*, 2017) untuk proses gametogenesis. Gametogenesis adalah proses pembentukan gamet jantan (sel sperma) atau gamet betina (sel telur). Berikut mekanisme hormonal secara umum disajikan pada Gambar 6.



Sumber: Mylonas, *et al.*, 2017
 Gambar 6. Mekanisme Hormonal

FSH dan LH pada ikan jantan berfungsi untuk mengatur proses Spermatogenesis. FSH merangsang pembentukan tubulus seminiferus dan LH memicu produksi 11-ketotestosteron yang merangsang proses spermiogenesis (Sudrajat, *et al.*, 2014). Sedangkan pada ikan betina FSH dan LH berfungsi untuk mengatur proses Oogenesis. FSH akan merangsang pematangan folikel dan memicu produksi hormon estrogen. Hormon estrogen memiliki dua peran yang bersamaan, pertama mengirimkan sinyal kepada hipofisis untuk menghambat kerja FSH dan fungsi kedua memicu produksi LH dalam merangsang proses pematangan akhir (Ozaki, *et al.* 2019). Mekanisme hormonal perkembangan gonad melibatkan hormon GnRH, testosteron, 11-KT, Estradiol-17 β , enzim aromatase, gonadotropin dan *neurotransmitter*.

Mekanisme hormonal penggunaan hormon HCG, yaitu hormon FSH masuk menuju testis secara endokrin untuk merangsang aktivitas sel sertoli dalam pembentukan spermatogenesis. Hormon LH disekresikan untuk merangsang hormon testosteron merangsang perkembangan spermatogonia menjadi spermatosit, kemudian menjadi spermatid dan 11-ketotestosteron untuk merangsang spermatid menjadi sperma (Sudrajat, *et al.*, 2014). Sedangkan mekanisme hormonal penggunaan hormon PMSG, yaitu hormon FSH bekerja pada lapisan sel teka untuk merangsang sintesis testosteron. Hormon testosteron masuk ke dalam lapisan granulosa dan diubah menjadi estradiol-17 β oleh enzim aromatase. Estradiol 17 β merangsang hati untuk mensintesis vitellogenin dan mensekresikannya ke peredaran darah menuju gonad, hingga akhirnya terjadi pertumbuhan dan perkembangan oosit. Dalam penggunaan PMSG hormon FSH berkerja lebih dominan dibanding LH, sehingga memberikan pengaruh pada pematangan folikel (Nur, *et al.*, 2017).

3.6 Parameter Penelitian Terdahulu

3.6.1 Anatomi Gonad

Pengamatan terhadap anatomi gonad dilakukan untuk mengetahui letak dan bentuk gonad, serta untuk mengetahui perbedaan bentuk gonad sebelum dan sesudah perlakuan (Ahlina, *et al.*, 2015). Pengamatan dilakukan secara visual menggunakan mata. Hal ini dikarenakan ikan yang dibedah adalah ikan yang sudah dewasa, sehingga organ bagian dalam tubuhnya terlihat sangat jelas dengan mata telanjang.

3.6.2 Indeks Gonadosomatik (IGS)

Indeks Gonadosomatik (IGS) adalah nilai perbandingan antara berat gonad dengan bobot tubuh ikan. Pengukuran bobot gonad dan tubuh ikan dilakukan diawal sebelum diberi perlakuan hormon dan diakhir setelah perlakuan hormon (Zahri, *et al.*, 2021). Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai IGS sebagai berikut:

$$IGS = \frac{Bg}{Bt} \times 100$$

Keterangan:

IGS = indeks gonadosomatik (%)

Bg = bobot gonad (g)

Bt = bobot tubuh (g)

3.6.3 Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan Histologi Gonad

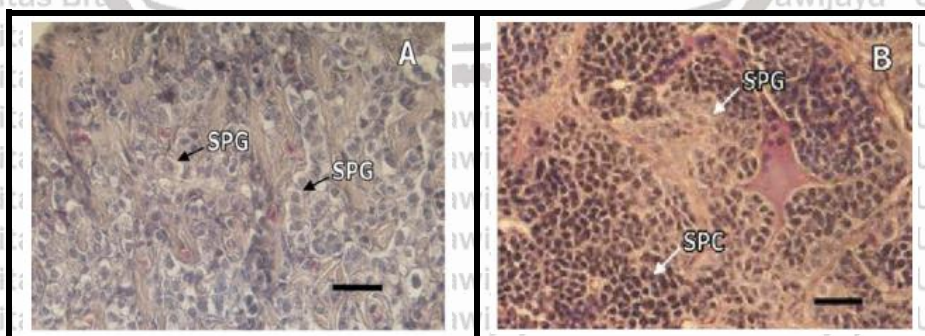
Tingkat kematangan gonad dapat ditentukan secara morfologi, yang mencakup warna, bentuk dan ukuran gonad. Penentuan TKG dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesiapan ikan sidat untuk melakukan pemijahan.

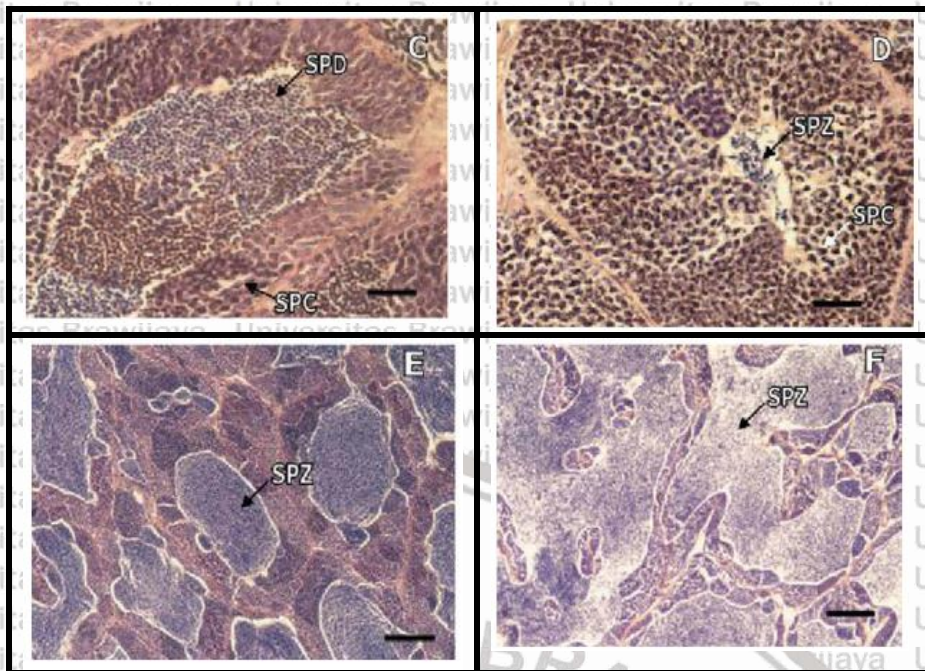
Penggolongan TKG didasarkan hasil penelitian yang dilakukan Tomaso, *et al.* (2015) dan Zahri, *et al.* (2015); klasifikasi perkembangan TKG sebagai berikut:

- (a) TKG I perkembangannya ditandai dengan adanya spermatogonia tipe A, tubulus seminiferus mulai mengecil, berwarna merah muda dan masih terdapat rongga kosong;
- (b) TKG II perkembangannya ditandai dengan adanya spermatisit;
- (c) perkembangan TKG III ditandai ditemukannya spermatid dengan warna tubulus seminiferus transparan yang didalamnya terdapat inti sel;
- (d) TKG IV ditandai dengan adanya spermatozoa;
- (e) TKG V memperlihatkan spermatogonia, spermatisit, spermatid dan spermatozoa untuk pemijahan berikutnya.

Pengamatan histologi gonad dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya pengaruh induksi hormonal terhadap perkembangan gonad. Adapun tahapan pengamatan histologi jaringan gonad yang dilakukan Penaranda, *et al.* (2010), yaitu (1) ikan sidat dibedah, lalu di ambil gonadnya, (2) sampel gonad di fiksasi dengan 10% *buffer* formalin (pH 7), (3) gonad didehidrasi larutan etanol dan dibenamkan dalam parafin, (4) gonad diambil dengan ketebalan 5-10 μ m menggunakan *Shandom Hypercut Manual Microtome Manual* dan diwarnai dengan hematoxylin dan eosin, (5) diamati menggunakan mikroskop Nikon Eclipse E-400, kemudain diambil gambar menggunakan kamera Nikon DS-5M.

Adapun tahap perkembangan gonad jantan ikan sidat disajikan pada Gambar 7.





Sumber: Penaranda, *et al.*, 2010

Gambar 7. Tahap Perkembangan Testis (A) tahap 1; (B) tahap 2; (C) tahap 3; (D) tahap 4; (E) tahap 5; (F) tahap 6. SPG (spermatogonia) ; SPC (spermatosit) ; SPZ (spermatozoa) ; SPD (spermatid). Skala perbesaran 100 μ m.

3.6.4 Kualitas Air

Kualitas air sebagai media hidup ikan sidat memiliki peran yang sangat penting. Parameter kualitas air diukur selama perawatan diantaranya suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut (Tomasso, *et al.*, 2015; Sudrajat *et al.*, 2014).

Secara umum, penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, pembahasan kualitas air lebih spesifik pada pembahasan pengaruh parameter suhu terhadap kematangan gonad ikan sidat.

3.6.5 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi penggunaan hormon HCG dan PMSG dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan sebanding atau tidak dengan kualitas sperma atau ovum yang dihasilkan (Gallego, *et al.*, 2012). Analisis ekonomi dinilai dengan melihat seberapa baik kualitas sperma yang dihasilkan dan berapa banyak jumlah uang yang harus dikeluarkan, sehingga dapat menilai

keefektifan penggunaan hormon HCG dan PMSG sebagai hormon induksi buatan untuk kematangan gonad ikan sidat.

3.7 Hasil dan Pembahasan

3.7.1 Ekstraksi Data

Jurnal yang didapatkan selanjutnya di ekstraksi. Hasil ekstraksi data disajikan dalam bentuk tabel dengan isi berupa judul jurnal, nama penulis, tahun terbit, tujuan, metode dan kesimpulan. Ekstraksi data berdasarkan jurnal yang di review disajikan pada Tabel 4.



Tabel 4. Hasil Ekstraksi Data

1.	Judul	Recombinant vs purification mammal gonadotropin as maturation hormonal treatments of European eel males
	Penulis	Herranz, <i>et al.</i> 2019
	Tujuan	Mengetahui efektivitas penggunaan rekombinan α -Choriogonadotropin dan HCG yang dimurnikan terhadap kualitas sperma, serta mengetahui penggunaan dosis yang efektif untuk memotong biaya pembelian hormon.
	Metode	Penelitian ini memiliki dua macam hormon, yaitu α -Choriogonadotropin dan HCG murni. Desain eksperimental yang digunakan terdiri dari dua macam percobaan. Percobaan pertama kedua hormon diencerkan dengan larutan NaCl 0,9% sehingga didapatkan masing-masing konsentrasi sebesar 1 IU/ μ L. Injeksi hormon dilakukan pada bagian intraperitoneal dosis (1,5 IU/g ⁻¹ ikan selama dua puluh lima minggu. Sedangkan percobaan kedua hormon yang digunakan hanya α -Choriogonadotropin saja dengan dosis yang berbeda masing-masing (1,5 IU/g ⁻¹ ; 0,75 IU/g ⁻¹ ; 0,25 IU/g ⁻¹) selama dua belas minggu. Pengujian dilakukan terhadap motilitas sperma, parameter kinetik, serta analisa ekonomi.
	Hasil	Hasil percobaan pertama ikan dengan perlakuan α -Choriogonadotropin memberikan hasil 90% dan HCG murni hanya 60% pada minggu yang sama (minggu ke-6) awal memproduksi sperma. Pengamatan minggu ke-12 sampai 18 HCG murni mengalami kenaikan mencapai 90-100%, sedangkan α -Choriogonadotropin mengalami penurunan 70-80%. Setelah itu, terjadi penurunan pada kedua perlakuan hormon sampai masa akhir perawatan. Nilai MOT dan pMOT perlakuan hormon berturut-turut 76 dan 45% dan 77 dan 35%. Hasil percobaan kedua, semua dosis yang diberikan dapat menginduksi spermiasi \pm 80% dengan hasil MOT dan pMOT terbaik pada dosis 1,5 IU/g ⁻¹ sebesar 72 dan 46%. Analisa ekonomi untuk penggunaan hormon α -Choriogonadotropin sebesar 0,44€/mL dan 0,86€/mL untuk HCG murni.

	Kesimpulan	α -Choriogonadotropin memiliki profabilitas yang lebih besar daripada perlakuan hormon HCG, sehingga hormon ini dapat digunakan karena menghasilkan sperma berkualitas tinggi dan harga yang lebih murah.
2.	Judul	Dose response of male silver eels, <i>Aguilla anguilla</i> to human chorionic gonadotropin and 11-ketotestosteron in vivo
	Penulis	Lokman, <i>et al.</i> 2016
	Tujuan	Evaluasi efek dosis pemberian hormon dan rute perjalanan HCG terhadap pubertas sidat.
	Metode	Penelitian ini menggunakan tiga model percobaan dengan menggunakan hormon HCG. Percobaan pertama HCG Chorulon dengan dosis 0; 2; 20; 200 dan 2000 IU. Percobaan kedua injeksi HCG Pregnyl dengan dosis 0; 4; 40.400 dan 4000 IU. Percobaan ketiga untuk perlakuan 3a penggunaan implan 11-ketotestosteron dosis 0; 0,01; 0,02, 0,1 dan perlakuan 3b dosis 0,3 mg dan 0 dan 1 mg. Injeksi hormon dilakukan secara intramuskular dan intraperitoneal.
	Hasil	Injeksi secara IM dosis (0,2 IU) tidak menunjukkan adanya perkembangan secara signifikan, dosis (20 IU) menghasilkan GSI lebih tinggi ($0,37 \pm 0,08\%$) dibandingkan IP ($0,23 \pm 0,03\%$) dan dosis (200; 2000 IU) menunjukkan histologi fase spermatozoa. Histologi sidat dengan dosis (0,4 IU) menunjukkan spermatogonia tipe A atau tipe B awal, dosis (40 IU) menunjukkan fase campuran seperti spermatogonia, spermatozoa tanpa adanya spermatosit, HCG dosis tinggi (400,4000 IU) menunjukkan fase spermatosit bahkan spermatozoa. Perlakuan 11-KT nilai GSI tertinggi dengan dosis 0,3 mg sebesar 0,31%.
	Kesimpulan	Hormon yang diberikan secara intramuskular memberikan hasil yang lebih efektif terhadap GSI dan perkembangan gonad ikan sidat.
3.	Judul	Study of the effect of thermal regime and alternative hormonal treatment on the reproductive performance of

	European eel males (<i>Anguilla anguilla</i>) during induced sexual maturation
Penulis	Gallego, <i>et al.</i> 2012
Tujuan	Menilai pengaruh suhu dan jenis hormon terhadap reproduksi ikan sidat, serta analisis ekonominya.
Metode	Ikan sidat diinduksi tiga macam hormon, yaitu HCG, HCGrec dan PMSG secara intraperitoneal dengan dosis 1,5 IU g ⁻¹ dengan pengencer NaCl 0,9% (1:1 IU/μL) perlakuan ini dilakukan selama 20 minggu dan penggunaan suhu 10, 15 dan 20°C selama tiga belas minggu.
Hasil	Pemberian suhu mempengaruhi proses pematangan gonad sidat. Suhu 10°C menunjukkan spermiasi ± 70% dengan volume sperma 60%; suhu 15°C dan 20°C menunjukkan spermiasi 100% dengan volume sperma berturut-turut 50% dan 70%. Induksi hormon HCG dan HCGrec mencapai fase spermiasi 100% pada minggu ke-5, sedangkan perlakuan hormon PMSG mengalami spermiasi pada minggu ke-8 dengan hasil 50-60%. Biaya pembelian hormon tertinggi pada HCGrec (19,5 €), HCG (7,5 €) dan PMSG (10,6 €), tetapi apabila dihitung dengan memperhatikan nilai profitabilitas akhir, hormon HCGrec 0,5 €/mL lebih baik dibandingkan perlakuan kedua hormon lainnya.
Kesimpulan	Perlakuan dengan hasil terbaik dihasilkan oleh HCGrec, diikuti HCG. Penggunaan suhu terbaik pada 20°C. Selain itu, ditinjau dari segi ekonomi, penggunaan hormon HCGrec lebih menguntungkan dibandingkan HCG dan PMSG.
4.	Judul
	Induksi pematangan secara hormonal pada ikan sidat <i>Anguilla bicolor</i> McClelland 1844 dengan penggunaan <i>Pregnat Mare Serum Gonadotropin</i> , <i>antidopamin</i> dan <i>Recombinant Growth Hormone</i>
	Penulis
	Ahlina, <i>et al.</i> 2015
	Tujuan
	Mengevaluasi efek pemberian hormon PMSG, AD dan rGH terhadap kematangan gonad ikan sidat.

Metode	Perlakuan yang diberikan berupa perlakuan 1 (P10A: 10 IU/kg PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD); perlakuan 2 (P10B: 10 IU/kg PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD + 10 µg rGH); perlakuan 3 (P20A: 20 IU/kg PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD); perlakuan 4 (P20B: 20 IU/kg PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD + 10 µg rGH) dan perlakuan 5 sebagai kontrol 0,9% NaCl. Hormon diinjeksikan pada bagian punggung ikan sidat setiap seminggu sekali selama dua bulan. Perhitungan Indeks Hepasomatik (IHS) dan Indeks Gonadosomatik (IGS) dilakukan pada minggu ke-0,2,4 dan 6 dengan jumlah kan yang dibedah sebanyak 3 ekor.	
Hasil	Hasil yang didapatkan berdasarkan nilai GSI p20a (0,278%); P20B (0,265%); P10B (0,201%); P10A (0,105%) dan perlakuan kontrol (0,050%). Nilai HSI sebesar 0,91% (P20A); 0,074% (P20B); 0,064% (P10A); 0,040% (P10B); 0,029% (kontrol). Struktur anatomi ikan sidat sangat nampak terlihat jelas setelah diberi perlakuan hormon. Sedangkan histologi gonad pada minggu ke-6 masing-masing perlakuan menunjukkan P10B (spermatogonia tipe A); P20A (nampak lumen dan spermatosit); P20B (spermatogonia tipe A); dan kontrol (sel adiposit).	
Kesimpulan	Ikan sidat yang diinduksi dengan perlakuan 3 (P20A: 20 IU/kg PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD lebih cepat mengalami pematangan gonad, sedangkan dosis dengan penambahan rGH terbukti mengalami perkembangan bobot tubuh lebih cepat. Perlakuan kontrol tidak ada perkembangan baik sperma maupun oosit.	
5.	Judul	Induksi pematangan gonad ikan sidat ukuran 100-150 gram menggunakan PMSG, <i>antidopamin</i> dan <i>17α-metiltestosteron</i>
	Penulis	Aryani, <i>et al.</i> 2015
	Tujuan	Mengkaji peran induksi hormonal menggunakan PMSG, AD dan MT atau kombinasinya pada ikan sidat ukuran 100-150 gram untuk mempercepat kematangan gonad.

Metode	Perlakuan yang diberikan berupa perlakuan 1 (P1: 10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD); perlakuan 2 (P2: 20 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD); perlakuan 3 (P3: 10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 µg/kg MT); perlakuan 4 (P4: 20 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 µg/kg MT) dan perlakuan 5 (P5: tidak diberi perlakuan hormon). Injeksi hormon dilakukan secara intramuskular setiap minggu selama dua bulan. Pengambilan sampel gonad untuk perhitungan Indeks Gonadosomatik (IGS) dan Indeks Hepasomatik (IHS) dilakukan pada minggu ke-0,2,4, 6 dan 8 dengan jumlah ikan yang dibedah sebanyak 3 ekor.	
Hasil	Berdasarkan 5 perlakuan ygang diberikan, nilai GSI dari tertinggi ke rendah berturut-turut P3 (2,24%); P4 (0,21%), P2 (0,19%); P1 (0,16%) dan P5 (0,0012%). Nisbah kelamin dari 4 perlakuan hormon menghasilkan 100% jantan, sedangkan kontrol tidak terjadi perkembangan. Histologi gonad pada minggu ke-8 masing-masing perlakuan menunjukkan hasil P1 dan P2 (spermatogonia tipe A dan B), P3 (lebih dominan spermatogonia A daripada tipe B), P4 (spermatogonia tipe A melimpah) dan P5 hanya sel adiposit. Kadar Testostern setiap perlakuan menghasilkan 3,022 ng/mL (P3); 1,650 ng/mL (P4); 1,360 ng/mL (P5); 1,324 ng/mL (P1).	
Kesimpulan	Ikan sidat yang diinduksi dengan dosis kombinasi 10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 µg/kg MT (P3) dapat mempercepat pematangan testis mencapai tahap II, hal ini dikarenakan penambahan MT dapat mempercepat pematangan gonad dan mempercepat pertumbuhan ikan sidat.	
6.	Judul	Induksi maturasi ikan sidat <i>Anguilla bicolor</i> menggunakan kombinasi hormon berbeda
	Penulis	Sudrajat, <i>et al.</i> 2014
	Tujuan	Mengetahui pengaruh kombinasi hormon PMSG, HCG, AD dan rGH terhadap pematangan gonad dan status seksual calon induk ikan sidat.
	Metode	Ikan sidat disuntik secara intramuskular sebanyak 5 kali dengan selang waktu 7 hari. Perlakuan yang diberikan

		berupa TA sebagai kontrol (larutan fisiologis); TB sebagai perlakuan 1 (20 IU/kg PMSG + 10 ppm/kg AD); TC sebagai perlakuan 2 (20 IU/kg PMSG + 10 ppm/kg AD + 10 µg/kg rGH); TD sebagai perlakuan 3 (20 IU/kg PMSG) dan TE sebagai perlakuan 4 (20 IU/kg PMSG + 10 µg/kg HCG).
	Hasil	Gambaran makroskopis gonad pada akhir perlakuan bentuk gonad sidat lebih besar dengan lipatan labih banyak. Perlakuan TA (gonad lebih besar dengan lamela dan sedikit lipatan: bobot 189 g); TB (gonad berisi, lamela melebar dengan lipatan cukup banyak: bobot 207,8 g); TC (gonad kecil dipenuhi lamela pada bagian ujung: 323,4 g) TD (gonad besar dengan lamela lebar dan berlipat-lipat: 274,8 g). Histologi gonad hari ke-7 tidak memperlihatkan adanya perkembangan hanya sel adiposit. Perlakuan hari ke-42 dan 43 menunjukkan hasil sel adiposit tidak terjadi perkembangan (TA); spermatogonia dengan lumen masih tampak menjadi spermatogonia (TB); spermatogonia menjadi <i>germinal vesicle</i> dan nukleus tampak jelas (TC); spermatogonia menjadi spermatid dengan nukleus yang tampak jelas (TD) dan tetap pada fase spermatogonia. Nilai GSI dan HSI dari awal hingga akhir penelitian berfluktuatif kisaran 0,623% sampai 2,905% dan kisaran 0,8114% sampai 3,7898%.
	Kesimpulan	Hasil terbaik ditunjukkan perlakuan TC (kombinasi hormon PMSG+AD+rGH). Semua ikan sidat dengan perlakuan TA, Tb, TD dan TE masuk dalam fase tubuli testis sedangkan perlakuan TC masuk dalam fase pembentukan oosit.
7.	Judul	Pertumbuhan gonad sidat <i>Anguilla bicolor</i> yang diinduksi kombinasi hormon HCG, MT, E2 dan antidopamin
	Penulis	Zahri, <i>et al.</i> 2015
	Tujuan	Memanfaatkan kinerja hormon reproduksi untuk merangsang pertumbuhan dan pematangan gonad ikan sidat, mengetahui profil estradiol fase pertumbuhan dan pematangan gonad.
	Metode	Hormon yang digunakan berupa hCG, MT, E2 dan AD dengan kombinasi sebagai berikut. Perlakuan kontrol (F)

		berupa larutan NaCl 0,9%; perlakuan AD (A) 10 µg/kg; perlakuan E2+AD (EA) 3 mg/kg + 10 µg/kg; perlakuan MT+AD (TA) 3 mg/kg + 10 µg/kg; perlakuan hCG+E2+AD (hEA) 20 IU + 3 mg/kg + 10 µg/kg dan perlakuan hCG+MT+AD (hTA) 20 IU + 3 m/kg + 10 µg/kg. Penyuntikan dilakukan pada bagian intramuskular (IM) pangkal sirip punggung frekuensi penyuntikan enam kali yang dilakukan setiap dua minggu sekali pada minggu ke-0, 2, 4, 6, 8 dan 10.
	Hasil	Presentase nilai GSI berturut-turut hasil perlakuan hormon dari tertinggi ke rendah sebesar 1,49%; 1,01%; 0,54%; 0,39%; 0,50% dan 0,05%. Gambaran histologi gonad jantan untuk perlakuan TA fase pematangan akhir; perlakuan A, E dan F fase spermatogonia, sedangkan gambaran histologi gonad betina perlakuan hTA menunjukkan oosit fase V. Perlakuan hTA memiliki kinerja tinggi terhadap pematangan oosit sampai fase vitellogenesis akhir. Hasil statistik menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap perlakuan F, A, EA, TA dan hEA. Perlakuan AD dan E2 tidak lebih baik dari F, tetapi dapat meningkat bila dikombinasikan dengan MT. Perlakuan TA, A, F dan EA mempertahankan jenis kelamin jantan, sedangkan perlakuan hEA dan hTA berpengaruh terhadap feminisasi.
	Kesimpulan	Penggunaan kombinasi hormon hTA menunjukkan indikasi peningkatan pertumbuhan yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya.
8.	Judul	Induksi pematangan gonad ikan sidat menggunakan PMSG, antidopamin dan estradiol 17β
	Penulis	Tomasoa, <i>et al.</i> 2015
	Tujuan	Menentukan status kelamin dan kombinasi hormon yang paling efektif untuk pematangan gonad ikan sidat.
	Metode	Ikan dibius terlebih dahulu menggunakan stabilizer arowana dosis 1 mL dalam 0,5 L air. Perlakuan yang diberikan berupa perlakuan kontrol (PK) NaCl 0,95%; perlakuan 1 (P10A) 10 IU/kg PMSG + 10 ppm AD; perlakuan 2

	(P20A) 20 IU PMSG + 10 ppm AD; perlakuan 3 (P10BE) 10 IU PMSG + 10 ppm AD + 150 µg E2; perlakuan 4 (P20BE) 20 IU PMSG + 10 ppm AD + 150 µg E2. Penyuntikan ikan dilakukan pada bagian intramuskular sekali setiap minggu selama delapan minggu.	
Hasil	Hasil penelitian berdasarkan penggunaan kombinasi hormon P10BE menunjukkan hasil yang paling tinggi dibandingkan perlakuan P20BE, P10A, P20A dan PK. Nilai GSI berturut-turut sesuai hasil perlakuan yaitu 2,46%; 2,12%; 1,58%; 1,54%; 1,34% dan 1,28%. Hasil pengamatan histologi gonad perlakuan P10BE menunjukkan fase spermatid (TKG III), perlakuan P10A dan P20BE menunjukkan fase spermatisit (TKG II) dan perlakuan P20A menunjukkan fase spermatogonia B (TKG I).	
Kesimpulan	Penggunaan kombinasi hormon 10 IU/kg PMSG + 10 ppm AD + 150 µg/kg dapat menginduksi pematangan gonad ikan sidat jantan dalam waktu delapan minggu.	
9.	Judul	Expressional regulation of gonadotropin receptor genes and androgen receptor genes in the eel testis
	Penulis	Ozaki, <i>et al.</i> 2019
	Tujuan	Mengetahui reseptor hormon perangsang FSH, LH dan androgen dalam mentransduksi sinyal hormonal pada ikan sidat yang diinjeksi HCG.
	Metode	Penelitian ini menggunakan 3 desain percobaan yang masing-masing memiliki tujuan tertentu. Percobaan 1 diberikan HCG 1000 IU/ikan selama 30 hari untuk mengetahui kadar androgen. Percobaan 2 untuk mengetahui aktivitas enzim steroidogenik dengan cara mengambil testis belut kemudian diinkubasi dengan HCG 1 IU/mL. Percobaan 3 untuk mengetahui efek HCG dan 11-KT pada transkrip gen target dengan cara mengamati fragmen testis, serta perlakuan kontrol tanpa pemberian hormon HCG.
	Hasil	Hasil yang didapatkan berdasarkan penggunaan HCG terhadap histologi testis berdasarkan waktu

		<p>pemeliharaan, pada hari ke 5 dan 10 tubulus seminiferus mulai membesar dan jumlah spermatogonia banyak. Di hari ke 20 gonad mengandung banyak spermatosit putatif dan pada hari ke 25 sampai 30 spermatosit putatif berkembang menjadi spermatid yang jumlahnya semakin meningkat. Kadar 11-KT meningkat dari rata-rata sidat 8,4 ng/ml menjadi 8,7 ng/ml setelah penyuntikan HCG. Transkrip bintang melimpah pada hari ke 5 dan setelah itu mengalami penurunan, cyp11b mengalami peningkatan sampai akhir percobaan, transkrip fshr mRNA terdeteksi didalam ataupun diluar tubulus seminiferus dan jumlahnya semakin menurun, sedangkan lhcr1 terdeteksi pada hari ke 25 sampai 30 dengan jumlah yang sama menurunnya dengan fshr.</p>
	Kesimpulan	<p>Penggunaan hormon HCG menghasilkan umpan balik positif terhadap pensinyalan androgen, fshr, lhcr1 dan 11-KT merupakan kunci untuk mengatur fase awal spermatogenesis pada ikan.</p>
10.	Judul	<p>Using osmotic pump to deliver hormones to induce sexual maturation of female japanese eels, <i>Anguilla japonica</i></p>
	Penulis	<p>Kagawa, <i>et al.</i> 2013</p>
	Tujuan	<p>Mengkaji pemberian hormon hCG, ekstrak hipofisis salmon (SPE) dan GnRHa menggunakan pompa osmotik terhadap kematangan gonad sidat.</p>
	Metode	<p>Penelitian ini menggunakan pompa osmotik diameter 7 mm, panjang 30 mm dengan volume reservoir \pm 200 μL sebagai penghantar hormon. Pompa ini ditanam kedalam rongga peritoneum di dalam perut ikan. Hormon hCG dalam 0,9% NaCl, GnRHa dilarutkan dalam NaCl dan penambahan 0,1% albumin serum sapi, sedangkan ekstrak hipofisis salmon bubuk kering dihomogenkan dengan 0,9% NaCl. Penelitian ini menggunakan 3 desain eksperimental. Desain pertama dengan 2 perlakuan berupa perlakuan kontrol, perlakuan menggunakan pompa osmotik hormon hCG (120 IU/hari/ikan) dan pompa osmotik SPE (3 mg/hari/ikan). Desain kedua dengan 3 perlakuan berupa kontrol, hCG (75 IU/hari/ikan), SPE (1,5 mg/hari) dan GnRHa (5,25 μg/hari/ikan). Terakhir</p>

		desain percobaan ketiga penggunaan SPE dengan dosis yang berbeda yaitu 4 mg/hari/ikan dan 28 mg.minggu/ikan).
	Hasil	Hasil penelitian berdasarkan 3 desain percobaan, penggunaan pompa osmotik dengan hormon SPE lebih efektif dibandingkan hormon hCG dan GnRH α . hCG dapat merangsang vitellogenesis tetapi nilai GSI lebih rendah dibandingkan SPE. Hal ini karena SPE tidak hanya mengandung LH dan FSH saja, tetapi juga hormon lain seperti GH dan TSH yang terlibat dalam proses vitellogenesis. Nilai GSI hCG percobaan 1 dan 2 sebesar (0,5%), GnRH α (0,1% dan 0,2%), sedangkan SPE (4,1%). Gonad sidat yang diimplantasi pompa SPE menghasilkan banyak telur berkualitas baik, tetapi tingkat kesuburan telur \pm 25% dan daya tetas \pm 40%.
	Kesimpulan	Penggunaan hormon SPE memberikan hasil yang lebih efektif, dibandingkan HCG dan GnRH α . Kualitas dan kuantitas telur yang dihasilkan lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Penggunaan pompa osmotik sebagai alat transfer hormon dapat menyebabkan terjadinya vitellogenesis pada sidat.
11.	Judul	Subpopulation pattern of eel spermatozoa is affected by post-activation time, hormonal treatment and the thermal regimen
	Penulis	Gallego, <i>et al.</i> 2015
	Tujuan	Untuk mengetahui subpopulasi serta informasi mengenai proses evolusi gonad pada ikan sidat yang diinjeksi hormon dan perlakuan suhu, serta analisis ekonomi penggunaan hormon.
	Metode	Penelitian ini menggunakan tiga macam percobaan. Percobaan I untuk mengetahui motilitas sperma setelah aktivasi. Ikan diinjeksi hCG 1,5 IU/g ¹ selama 11 minggu dengan analisis waktu 30, 60 dan 90 detik setelah aktivasi. Percobaan II untuk mengetahui pengaruh pemberian suhu terhadap motilitas sperma. Ikan dipelihara menggunakan 3 perlakuan suhu yang berbeda. T10 (6 minggu pertama 10°C, 3 minggu berikutnya 15°C dan 6

	<p>minggu terakhir 20°C. T15 (6 minggu pertama 15°C dan 9 minggu terakhir 20°C. T20 (20°C selama 15 minggu). Ikan diinjeksi bagian intraperitoneal selama 13 minggu. Percobaan III untuk mengetahui pengaruh induksi hormon terhadap motilitas sperma. Sidat diinjeksi hCG, rhCG dan PMSG dosis 1,5 IU/g⁻¹ dengan suhu yang sama 20°C selama 20 minggu.</p>
Hasil	<p>Hasil dari percobaan I, motilitas spermatozoa tercepat setelah aktivasi 30 detik ((VCL 33,3 μm s⁻¹), (STR 10,1%), (LIN 7,2%) dan (WOB 2,8%)), motilitas sperma menurun pada waktu berikutnya. Analisis subpopulasi pada percobaan I menghasilkan 3 subpopulasi, S1 (spermatozoa lambat); S2 (spermatozoa cepat dengan lintasan melingkar) dan S3 (spermatozoa cepat dan aktif dengan lintasan linear). Percobaan II setiap perlakuan suhu berpengaruh terhadap spermatogenesis. T20 menghasilkan nilai paling tinggi dibandingkan T10 dan T20 (5,3%; 3,1% dan 3,3%). Analisis subpopulasi S1 (perenang lambat), S2 (perenang melingkar) dan S3 (perenang cepat). Percobaan III hasil menunjukkan perlakuan hCG dan rhCG pada minggu ke-5 mengalami proses psermiasi, sedangkan perlakuan PMSG mengalami spermiasi pada minggu ke-10. Analisis spermiasi S1 (perenang lambat), S2 (perenang melingkar) dan S3 (perenang cepat). Analisis ekonomi penggunaan hormon selama 21 minggu berturut-turut sebesar 97,53 € (hCG); 323,09 € (rhCG) dan 173,68 € (PMSG), berdasarkan model campuran linier, biaya penggunaan hormon PMSG lebih tinggi dibandingkan hCG dan rhCG.</p>
Kesimpulan	<p>Penggunaan hormon hCG dan rhCG dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan oosit fase previtellogenik dan meningkatkan ukuran oosit.</p>
12. Judul	<p>Maturasi Gonad Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) dengan Induksi Hormon Human Chorionic Gonadotropin (hCG) dan Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG)</p>
Penulis	<p>Putra, <i>et al.</i> 2017</p>

	Tujuan	Mengetahui pengaruh penyuntikan hormon hCG dan PMSG terhadap kematangan gonad.
	Metode	Metode eksperimen RAL dengan 3 perlakuan dan 5 kali ulangan berupa perlakuan kontrol (NaCl), hCG (20 IU/kg ⁻¹) dan PMSG (20 IU/kg ⁻¹). Penyuntikan dilakukan pada bagian intramuskular setiap satu minggu dengan periode pemeliharaan selama 4 minggu.
	Hasil	Hasil penelitian berdasarkan 2 perlakuan hormon dan satu kontrol untuk gambaran histologi gonad perlakuan PMSG mencapai TKG III, perlakuan hCG mengalami perkembangan dari TKG II ke TKG III, sedangkan perlakuan kontrol tidak mengalami perubahan hingga akhir penelitian. Perlakuan PMSG memberikan hasil yang terbaik dibandingkan hormon HCG dengan nilai GSI yang mengalami peningkatan dari 0,43% menjadi 0,6% yang disebabkan adanya proses vitellogenesis dan nilai HSI sebesar 1,25% yang mengindikasikan terjadinya proses vitellogenesis sehingga menyebabkan penambahan bobot dan volume hati yang meningkat (produksi vitellogenin).
	Kesimpulan	Injeksi kedua hormon, yaitu HCG dan PMSG dapat mempengaruhi maturasi gonad ikan bawal dalam waktu empat minggu, tetapi hasil terbaik dihasilkan oleh perlakuan PMSG dosis 20 IU/kg-1.
13.	Judul	Induksi Maturasi Belut Sawah (<i>Monopterus albus</i>) dengan Hormon Human Chorionic Gonadotropin dan Antidopamin
	Penulis	Putra, <i>et al.</i> 2013
	Tujuan	Mengetahui efek penggunaan hormon hCG dan kombinasinya terhadap kematangan gonad belut
	Metode	Metode penelitian ini menggunakan 3 perlakuan hormon + kontrol. Perlakuan 1 hCG (20 I/u/kg), perlakuan 2 AD (0,01 mg/kg), perlakuan 3 hCG + AD (20 IU/kg + 0,01 mg/kg), serta kontrol hanya menggunakan NaCl 0,9%. Penyuntikan dilakukan pada bagian intramuskular dengan pemeliharaan 4 minggu.

Hasil	Berdasarkan 3 perlakuan, penggunaan hormon hCG + antidopamin memberikan hasil terbaik. Tingkat kematangan gonad perlakuan hCG dan hCG + AD mengalami perkembangan dari TKG II ke TKG IV dan kontrol hanya bisa mencapai TKG I. Nilai HSI tertinggi ke rendah berturut-turut hCG (2,64%), hCG + AD (1,89%), NaCl (1,69%) dan AD (1,43%). Sedangkan hasil GSI tertinggi diperoleh hCG + AD (0,60%), hCG (0,39%), NaCl (1,24%) dan kontrol (0,13%). Tingkat kebuntingan belut pada perlakuan hormon hCG + AD sebesar (85,71%), hCG (71,43%) dan kontrol (14,28%).
Kesimpulan	Injeksi kombinasi hormon HCG dapat merangsang proses kematangan gonad ikan sidat dalam waktu 4 minggu.
14. Judul	Induksi pematangan gonad ikan gurami coklat (<i>Sphaerichthys osphromenoides</i> Canestrini, 1860) menggunakan pregnant mare serum gonadotropin dan antidopamin
Penulis	Nur <i>et al.</i> 2017
Tujuan	Untuk mengetahui dosis dan efektivitas hormon PMSG (Oodev) terhadap perkembangan gonad.
Metode	Metode yang digunakan, yaitu pemberian Oodev dengan dosis yang berbeda (0,02 mL; 0,04 mL; 0,06 mL) dan satu perlakuan kontrol NaCl 0,9% (0,05 mL). Pemberian hormon dilakukan dengan metode <i>topical gill</i> (ditetaskan pada bagian mulut dengan tujuan dapat langsung menuju insang. Perlakuan dilakukan setiap minggu dengan periode waktu tujuh minggu.
Hasil	Hasil yang didapatkan berdasarkan nilai GSI penggunaan Oodev berturut-turut dengan dosis 0,02mL/g (1,73%); 0,04 mL/g (1,24%); 0,06 mL/g (1,12%) dan kontrol (0,96%). Nilai TKG pada setiap perlakuan terbaik berada pada TKG IV perkembangan akhir (vitelogenesis) dengan struktur oosit lebih jelas, granula kuning telur hampir penuh dan chorion lebih luas (perlakuan 0,04 mL/g); TKG III vitelogenesis awal dengan gambaran oosit semakin berkembang dan mulai terjadi pembentukan kuning telur (perlakuan 0,02 mL/g dan 0,06 mL/g), serta kontrol

		pada TKG II fase pre-vitelogenesis. Diameter telur dengan hasil terbaik sebesar 1-1.8 mm (0,04 mL/g) dan tidak terukur (sangat kecil) pada perlakuan kontrol.
	Kesimpulan	Penggunaan hormon Oodev dapat memacu perkembangan gonad gurami pada dosis efektif 0,04 mL/g. Hal ini dapat dilihat berdasarkan IGS, TKG, fekunditas dan diameter telur.
15.	Judul	Comparative effect of human chorionic gonadotropin (HCG) and gonadotropin-releasing hormone agoist (GnRHa) treatments on the stimulation of male Senegalese sole (<i>Solea senegalensis</i>) reproduction
	Penulis	Guzman, <i>et al.</i> 2011
	Tujuan	Evaluasi efektivitas hormon HCG dan GnRHa terhadap stimulasi reproduksi
	Metode	Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan, yaitu perlakuan I penyuntikan dengan NaCL 0,9% (kontrol), perlakuan II penyuntikan dengan GnRHa (25 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$), perlakuan III implantasi GnRHa (40 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$) dan perlakuan IV penyuntikan HCG (1000 IU/ kg^{-1}) dengan periode perlakuan selama 3 minggu.
	Hasil	Hasil yang didapatkan untuk perlakuan HCG dapat meningkatkan kadar androgen, Testosteron dan 11-KT pada minggu ke-3, 5 dan 6, dibandingkan GnRHa. Perkembangan testis kontrol memperlihatkan spermatogonia dan spermatisit, GnRha memperlihatkan sedikit spermatisit dan spermatid yang melimpah, sedangkan penyuntikan HCG dan GnRHa sama-sama memperlihatkan spermatisit sepanjang daerah folikel, spermatozoa lebih melimpah dan terjadi pelebaran ukuran lumen pada saluran eferen. Fekunditas tertinggi dihasilkan oleh Implantasi GnRHa (230x1000 kg^{-1}) dan HCG (210x1000 kg^{-1}), kemudian disusul oleh penyuntikan GnRHa (160x1000 kg^{-1}) dan kontrol (110x1000 kg^{-1}).
	Kesimpulan	Penggunaan hormon HCG lebih efektif untuk merangsang androgen dan perkembangan testis dibandingkan pemberian hormon GnRH.

16.	Judul	Molecular and physiological study of the artificial maturation process in erupean eel males: From brain to testis
	Penulis	Penaranda, <i>et al.</i> 2010
	Tujuan	Memberikan informasi berupa gambaran pematangan gonad sidat dalam kegiatan pengembangan budidaya ikan sidat.
	Metode	Ikan sidat yang digunakan sebanyak 150 ekor yang dipelihara dalam 3 wadah. Ikan diinjeksi setiap minggu menggunakan hormon hCG dosis 1,5 IU/g ikan selama 13 minggu.
	Hasil	Nilai GSI sidat sebelum diberi perlakuan sebesar 0,13% dan meningkat secara signifikan dengan nilai tertinggi pada minggu ke-6 (1,04%). Perkembangan testis ikan sidat setelah disuntik hCG pada minggu ke 1-3 memperlihatkan tahap spermatosit, minggu berikutnya 3-4 mulai terbentuk spermatozoa dan minggu ke-7 pada tahap spermiasi. Di otak terdiri dari dua GnRH yaitu mGnRH dan cGnRH II. Ekspresi mGnRH meningkat pada minggu ke-2 dan menurun pada minggu berikutnya, sedangkan cGnRH II tidak menunjukkan adanya perbedaan. Sementara kadar 11-KT meningkat dari awal penyuntikan hingga minggu ke-3 sebesar 7,27 ng/ml dan menurun secara signifikan pada minggu ke-7 hingga akhir penelitian.
	Kesimpulan	Penggunaan hormon hCG dapat meningkatkan perkembangan gonad sidat, dimana pemberian mempengaruhi ekspresi GnRH di otak, serta kadar homon steroid.
17.	Judul	<i>In vivo</i> induction of human chorionic gonadotropin by osmotic pump advances sexual maturation during pre-spawning phase in adult catfish
	Penulis	Muruganankumar, <i>et al.</i> 2016
	Tujuan	Mengetahui pengaruh penggunaan pompa osmotik berisi hormon HCG terhadap kematangan gonad ikan lele.
	Metode	Penelitian ini menggunakan HCG dosis 5000 IU dengan cara ditanamkan pada tubuh ikan lele (jantan dan betina)

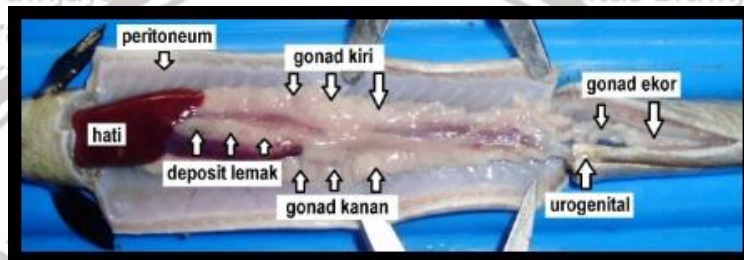
		menggunakan pompa osmotik selama 3 minggu percobaan. Parameter uji berupa GSI, histologi gonad dan kadar hormon lain salah satunya T dan 11-KT.
	Hasil	Hasil dari pengamatan histologi gonad ikan dengan perlakuan HCG terhadap testis dan ovarium memberikan pengaruh dalam hal kematangan gonad. Ikan yang diberi perlakuan HCG bagian testis mengalami fase spermatogenesis dengan jumlah spermatid melimpah dan terlihat jelas pada fase pemijahan, sedangkan testis ikan kontrol mengalami perkembangan dimana lumen mulai terisi spermatisit dan sel germinal menuju fase pemijahan. Ovarium kontrol menunjukkan perkembangan normal sedikit oosit perinukleolar dan oosit pra-vitellogeni (fase I dan II) dan ovarium dengan HCG mengalami perkembangan pada fase IV. Nilai GSI pada jantan meningkat 5%, sedangkan pada betina mencapai 41%. Penggunaan HCG terhadap kadar T dan 11-KT mengalami peningkatan.
	Kesimpulan	Penggunaan pompa osmotik sebagai penyalur hormon HCG mempengaruhi perkembangan gonad dari fase pra-pemijahan hingga pemijahan.
18.	Judul	Temperatur modulates testis steroidogenesis in European eel
	Penulis	Penaranda, <i>et al.</i> 2016
	Tujuan	Mengevaluasi efek pemberian suhu yang berbeda terhadap kematangan gonad sidat yang diinjeksi hormon hCG.
	Metode	Sidat diaklimatisasi selama seminggu di dalam akuarium (salinitas $37 \pm 0,3\%$), kemudian dipindahkan lagi ke 6 akuarium masing-masing berisi 100 ekor sidat jantan. Sidat diinjeksi hCG $1,5 \text{ IU/g}^{-1}$ pada bagian intraperitoneal. 3 perlakuan suhu yang diberikan berupa T10 (10°C 4 minggu pertama, 15°C 3 minggu berikutnya dan 20°C 6 minggu terakhir); T15 (15°C 4 minggu pertama dan 20°C 9 minggu terakhir); T20 diberikan selama 13 minggu percobaan. Setelah itu dilakukan pembedahan untuk mengambil sampel sesuai kebutuhan.

Hasil	Berdasarkan 3 perlakuan (suhu yang berbeda) yang diberikan memberikan hasil perkembangan testis yang berbeda. Sidat yang diberi perlakuan T20 mencapai fase spermatogonia 1 dan 2 pada minggu 2-4 dan spermatozoa lanjut pada minggu ke 5. Sedangkan sidat yang diberi T10 mencapai fase spermatogonia 1 pada minggu ke 6 dan spermatid pada minggu ke 10 dan perlakuan T15 fase spermatid minggu ke 8. Produksi hormon steroid seperti androgen yang dihasilkan dari sintesis pregnenolone dari kolesterol yang dimediasi enzim cyp11a1 dan cyp17-l tertinggi bertahan pada suhu T10 (minggu ke 6), T15 dan T20 (minggu ke 3). Kadar E2 dibatasi oleh enzim cyp19a1, tetapi peningkatan E2 terjadi sebelum cyp19a1 mencapai puncak dan menurun selama proses spermatogenesis.
Kesimpulan	Suhu dapat memodulasi steroidogenesis, pematangan gonad dan spermiasi. Pada suhu rendah (10°C) gonad berkembang tanpa adanya proses pematangan dan akan berlanjut pada tahap pematangan apabila berada pada suhu yang lebih tinggi.
19. Judul	Induction of oocyte development in previtellogenic eel, <i>Anguilla australis</i>
Penulis	Nguyen, <i>et al.</i> 2020
Tujuan	Untuk menganalisis efek penggunaan recFSH dan hCG terhadap perkembangan ovarium dan sintesis steroid selama fase previtellogenik pada ikan sidat.
Metode	Ikan sidat ditangkap dari alam kemudian diaklimatisasi selama seminggu. Setelah itu, dilakukan penyuntikan hormon hCG dan recFSH dosis 500 g/kg bobot secara intraperitoneal. selanjutnya dilakukan pembedahan sesuai kebutuhan sampel.
Hasil	Gambaran histologi gonad betina menunjukkan oosit fase perinukleolar (kontrol), sementara perlakuan hCG dan recFSH beberapa oosit mempunyai tetesan minyak (kuning telur) didalam ooplasma dan tampak lebih besar.

		Penggunaan kedua hormon tersebut juga meningkatkan kadar E2 sebesar (0,7 ng/ml) dibandingkan kontrol. Kadar 11-KT (5,01 ng/ml) secara signifikan mengalami peningkatan hanya pada perlakuan hCG.
	Kesimpulan	Penggunaan hormon recFSH dan hCG dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan oosit (meningkatkan ukuran oosit, kadar hormon steroid). Tetapi diantara keduanya, penggunaan recFSH lebih dominan dalam proses oogenesis sidat.
20.	Judul	The expression of nuclear and membrane estrogen receptors in the European eel throughout spermatogenesis
	Penulis	Morini, <i>et al.</i> 2017
	Tujuan	Untuk mengetahui reseptor estrogen dalam pematangan gonad ikan sidat menggunakan hormon hCG.
	Metode	Ikan sidat diinjeksi hormon hCG dosis 1,5 IU/g ⁻¹ selama 8 minggu. Untuk mengetahui jenis reseptor estrogen, dilakukan pengambilan sampel darah untuk mengetahui kadar E2, sampel jaringan untuk analisis histologi dan otak bagian anterior untuk menganalisis reseptor estrogen.
	Hasil	Hambaran histologi gonad testis menunjukkan testis mengalami spermiasi pada minggu ke-5. Nilai rata-rata GSI yang didapatkan sebesar 0,02% (spermatogonia A); 0,1% (spermatogonia B); 0,4% (spermatid); 0,4% (spermiasi). Ekspresi reseptor estrogen (ESR1, ESR2a, ESR2b) dan GPER di dalam otak meningkat dan tetap stabil sampai masa akhir spermatogenesis. Ekspresi reseptor estrogen (ESR1, ESR2b) selama spermatogenesis dihipofisis meningkat, sedangkan ESR2a stabil dan menurun sampai spermiasi tahap pematangan akhir. Sementara, ekspresi GPER meningkat dan stabil sampai akhir proses spermatogenesis.
	Kesimpulan	Penggunaan hormon hCG dalam menginduksi kematangan gonad sidat berhasil memperlihatkan ekspresi reseptor estrogen berupa ESR nuklir dan GPER membran. ESR berperan dalam pembentukan spermatogonia, sedangkan GPER berperan dalam proses spermatogenesis akhir.

3.7.2 Anatomi Ikan Sidat

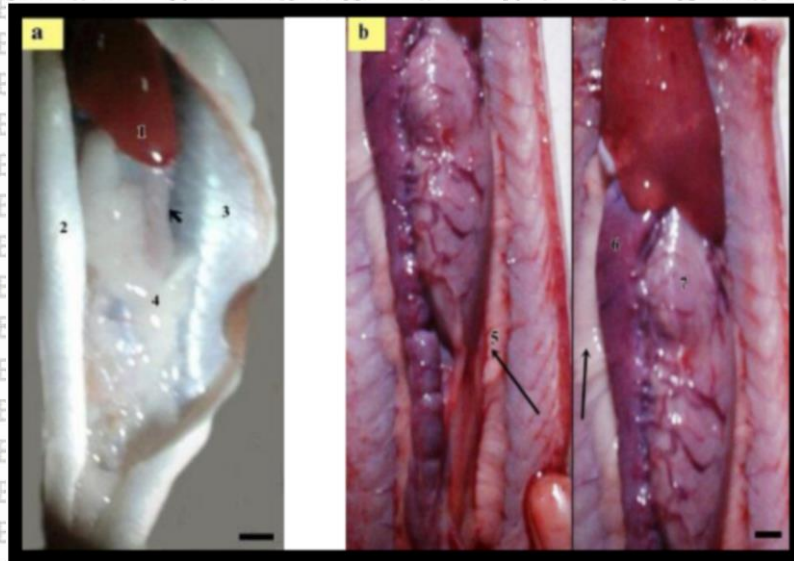
Analisis anatomi ikan sidat dilakukan untuk mengetahui perbedaan bentuk gonad sebelum dan sesudah diberi perlakuan hormonal. Letak gonad ikan sidat berpasangan dan memanjang di bagian lateral rongga perut, sejajar dengan lambung dan usus (Gambar 8). Gonad memiliki ukuran yang berbeda di setiap sisinya. Penelitian Ahlina, *et al.* (2015) menjelaskan bentuk gonad bagian kanan ikan sidat memiliki ukuran yang lebih panjang 1 cm ke arah depan dan bagian kiri lebih panjang 2 cm ke arah posterior.



Sumber: Zahri, *et al.*, 2021

Gambar 8. Anatomi Gonad Ikan Sidat

Sudrajat *et al.* (2014) menambahkan gonad memiliki bentuk berupa lamela tipis yang berlipat pada pangkal gonad. Anatomi gonad sebelum diberi perlakuan gonad terlihat samar hanya nampak benang tipis yang diselubungi lemak, sementara bentuk gonad setelah diberi perlakuan terlihat sangat jelas pada bagian kiri dan kanan yang melekat pada dinding ventral atas. Hal ini sejalan dengan penelitian Tomaso, *et al.* (2015), pada awal perawatan bentuk gonad hanya terlihat seperti benang tipis transparan yang diselubungi oleh lapisan lemak, serta belum terbentuk dengan jelas sisi gonad kiri dan kanan. Setelah perawatan gonad sudah terlihat dengan jelas gonad pada sisi kanan dan kiri. Perkembangan gonad sejalan dengan tingginya kadar testosteron dalam plasma darah. Anatomi gonad sebelum dan setelah diberi perlakuan hormonal dapat disajikan pada Gambar 9.



Sumber: Ahlina, et al., 2015

Gambar 9. Penampakan Gonad. (a) sebelum diberi perlakuan hormon dan (b) setelah diberi perlakuan hormon kombinasi

4.7.4 Indeks Gonadosomatik (IGS)

Indeks Gonadosomatik (IGS) adalah nilai yang menggambarkan perubahan gonad saat mengalami perkembangan gonad secara kuantitatif. IGS merupakan perbandingan antara berat gonad dan berat tubuh, sehingga meningkatnya nilai IGS menandakan proses pemijahan akan maksimal. Data pengaruh induksi hormon HCG dan PMSG terhadap IGS disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Nilai IGS

Spesies	Hormon dan Dosis Perlakuan	IGS
<i>Anguilla</i> sp.	10 IU PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD (P10A)	± 2,03%
	20 IU PMSG + 0,1 mgL ⁻¹ AD (P20A)	± 2,29%
	1,5 IU / kg HCG	± 1,04%
	10 IU PSMG + 10 ppm AD	± 1,58%
	20 IU PMSG + 10 PPM AD	± 1,34%
	20 IU/kg PMSG + 10 ppm antidopamin (TB)	± 0,731%

20 IU/kg PMSG (TD)	$\pm 1,29\%$
20 IU/kg PMSG + 10 μ g/kg HCG (TE)	$\pm 0,68\%$
10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD (P1)	$\pm 0,168\%$
20 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD (P2)	$\pm 0,197\%$

Berdasarkan uraian Tabel 5, nilai IGS menunjukkan hasil yang fluktuatif, tetapi cenderung lebih tinggi pada perlakuan hormon PMSG dosis 10 IU PMSG + 0,1 mgL⁻¹ AD (P20A) nilai IGS sebesar $\pm 2,29\%$. Tingginya nilai IGS dikarenakan pengaruh hormon FSH yang terkandung dalam PMSG (Aryani, *et al.*, 2015). Hormon FSH merupakan hormon gonadotropin yang berpengaruh dalam merangsang perkembangan awal testis sehingga gonad lebih cepat berkembang yang akhirnya mempengaruhi berat gonad (IGS lebih tinggi). Nilai IGS terendah pada perlakuan 10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD (P1) sebesar $\pm 0,168\%$. Hal ini dapat disebabkan oleh dosis AD yang diberikan lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga pengaruh yang diberikan kurang maksimal (Ahlina, *et al.*, 2015). Peningkatan nilai IGS mengindikasikan adanya perkembangan sel sperma pada gonad jantan. Penggunaan hormon HCG dan PMSG menghasilkan nilai IGS yang beda-beda. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan masing-masing ikan sidat dalam merespon hormon yang diberikan.

4.7.5 Histologi dan Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Berdasarkan penelitian Penaranda, *et al.* (2010), hasil pengamatan histologi testis sidat yang diberi perlakuan hormon hCG 1,5 IU/kg selama 13 minggu memperlihatkan perkembangan tahap spermatosit (minggu 1-3) (Gambar 9D); tahap perkembangan spermatozoa (minggu 3-4) dan tahap perkembangan spermiasi (minggu 7). Perkembangan gonad yang dihasilkan berada pada TKG II-

V. Hasil perkembangan gonad yang tidak jauh berbeda dilakukan Penaranda, *et al.* (2016) menunjukkan perkembangan minggu 1-2 gonad pada tahap spermatogonia; minggu 2-4 perkembangan tahap spermatozoa lanjut (Tabel 6).

Fase tersebut tergolong pada tingkat kematangan gonad (TKG) II dan IV.

Penelitian penggunaan hormon HCG yang dilakukan Lokman, *et al.* (2016), hormon HCG di injeksika pada sidat dengan dosis 200 IU/ikan dan 2000 IU/ikan selama 4 minggu. Perlakuan 200 IU/ikan memperlihatkan fase spermatogonia dan beberapa fase lain seperti spermatosit, spermatid, spermatozoa yang menunjukkan TKG V, sedangkan perlakuan 2.000 IU/ikan hanya terdapat perkembangan pada fase spermatozoa, spermatosit dan spermatid. Kematangan gonad tersebut berada pada TKG II-IV. Perkembangan gonad perlakuan 200 IU/ikan dan 2000 IU/ikan disajikan pada Tabel 6.

Penelitian lain yang dilakukan Ozaki, *et al.* (2019), injeksi hormon HCG dilakukan secara intramuskular dosis 1.000 IU/ikan selama 30 hari dengan rentang waktu penyuntikan pada hari ke 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari. Hasil testis sebelum dan sesudah injeksi menunjukkan perkembangan sebagai berikut.

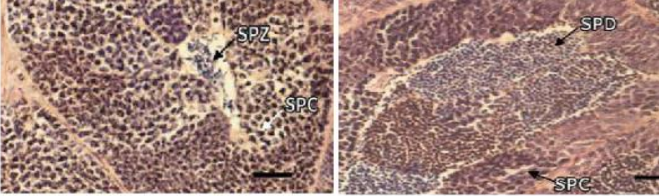
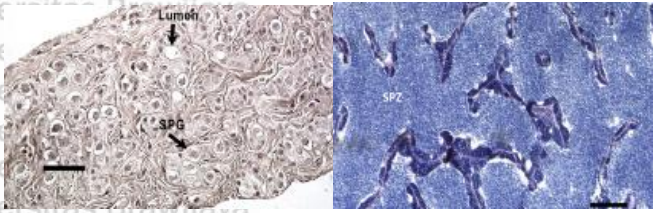
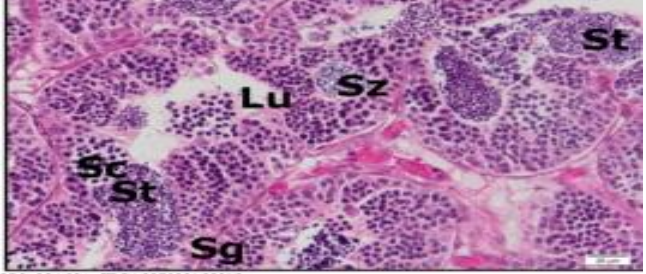
Sebelum injeksi memperlihatkan spermatogonia tipe A dan spermatogonia tipe B awal-akhir. Hasil hari ke 5 dan 10 setelah injeksi, tubulus seminiferus mulai membesar dan jumlah spermatogonia meningkat. Setelah 20 hari injeksi, kista berukuran lebih besar dan mengandung banyak sel germinal sel germinal ini diidentifikasi sebagai spermatosit putatif dan spermatid. Pengamatan hari ke 30 jumlah spermatid meningkat dan berubah menjadi sperma. Penggunaan hormon HCG menunjukkan tahap perkembangan TKG I (setelah 10 hari perlakuan), TKG II dan III (setelah 20 dan 30 hari perlakuan). Hasil penelitian ini menunjukkan perkembangan testis yang bergantung pada waktu setelah injeksi.

Penggunaan hormon PMSG yang dilakukan Aryani, *et al.* (2015) pada setiap perlakuan P1 (10 IU/kg PMSG + AD) dan P2 (20 IU/kg PMSG + AD) selama 8 minggu menunjukkan perkembangan spermatogenesis fase spermatogonia tipe A dan spermatogonia awal tipe B, sedangkan kontrol tidak mengalami perkembangan. Hasil ini membuktikan adanya pengaruh penggunaan hormon PMSG terhadap kematangan gonad. Hasil maksimal di dapatkan pada perlakuan hormon kombinasi PMSG + AD + MT karena dapat lebih mempercepat kematangan gonad ikan sidat pada fase spermatogonia B akhir dengan nukleus lebih padat dan mitokondria lebih kecil. Dua perlakuan hormon PMSG yang diberikan menghasilkan perkembangan gonad yang sama, yaitu TKG I.

Penelitian lain yang dilakukan Ahlina, *et al.* (2015), induksi hormon PMSG selama 2 bulan menunjukkan perkembangan gametogenesis yang berbeda setiap minggunya. Perlakuan P10A (10 IU/kg PMSG + AD) memperlihatkan fase perkembangan spermatogonia B pada minggu ke-6 Perlakuan P20A (20 IU/kg PMSG + AD) memperlihatkan fase spermatogonia A pada minggu ke-2. Hasil perlakuan P10A selama 2 bulan menunjukkan TKG I, sedangkan P20A TKG I pada minggu ke 2 dan TKG II minggu ke 6. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan P20A lebih cepat merangsang pematangan gonad dibandingkan perlakuan P10A. Adanya penambahan anti-dopamin pada setiap perlakuan mampu mempercepat mencapai pematangan gonad.

Penelitian Sudrajat, *et al.* (2014), mengenai pengaruh hormon PMSG terhadap histologi gonad untuk perlakuan TB dan TE ditemukan adanya spermatogonia (hari ke 42 dan 63). Sedangkan perlakuan TD ditemukan adanya spermatogonia (42 hari) dan spermatid (63 hari). Hasil perlakuan TB dan TE pada tahap TKG I, sedangkan TD pada tahap TKG I dan III. Rangkuman hasil perkembangan dan TKG ikan sidat disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rangkuman Hasil Perkembangan dan TKG Ikan Sidat

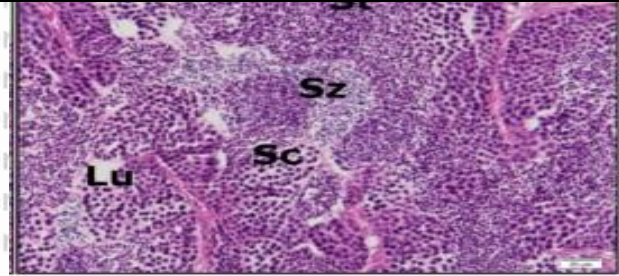
Spesies	Dosis	Fase Perkembangan Gonad	TKG	Gambar Perkembangan Gonad
<i>A. anguilla</i>	1,5 IU/kg HCG	Spermatosit berkembang menjadi spermatozoa, selanjutnya mengalami proses spermiasi	II-V	
	1,5 IU g ⁻¹ HCG	Spermatogonia menuju spermatozoa lanjut	I-IV	
<i>A. australis</i>	200 IU/ikan HCG	Spermatogonia, spermatosit, spermatozoa dan spermatid	IV	

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2.000 IU/ikan
HCG

Spermatisit dan
spermatozoa

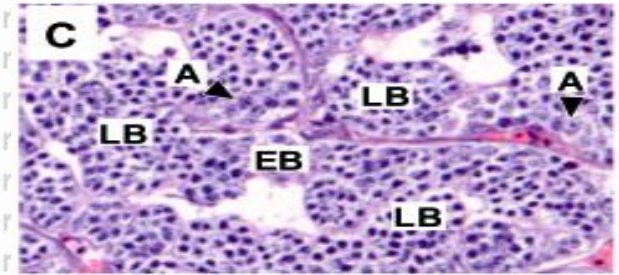
II-IV



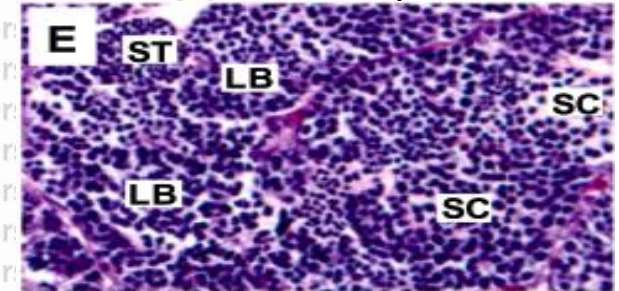
1.000 IU/ikan
HCG

Spermatogonia,
spermatisit, spermatid
menjadi sperma

I-V

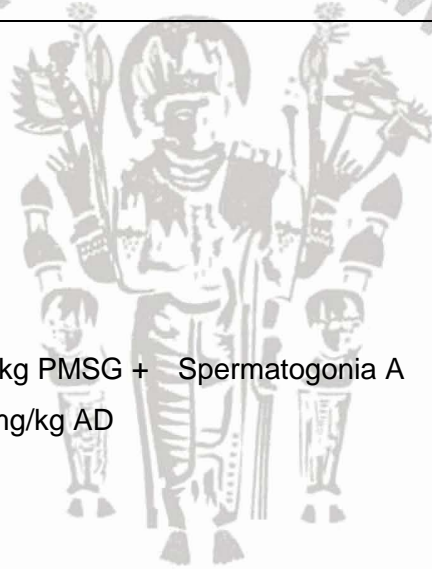


10 hari setelah injeksi



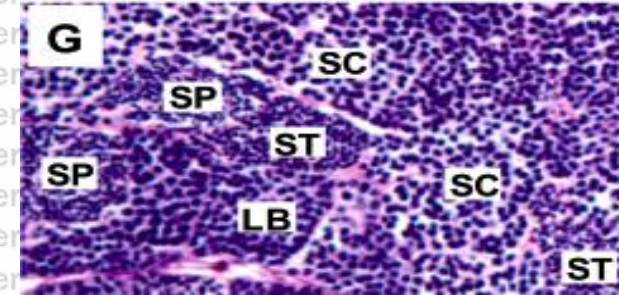
20 hari setelah injeksi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

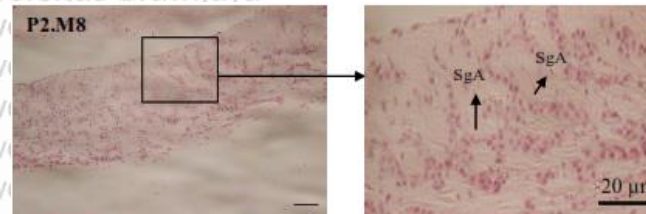
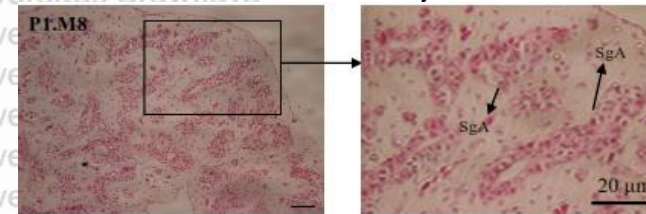


A. bicolor 10 IU/kg PMSG + Spermatogonia A
0,01 mg/kg AD
(P1)

20 IU/kg PMSG + Spermatogonia A
0,01 mg/kg AD
(P2)



30 hari setelah injeksi



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

10 IU PMSG + Spermatogonia
 0,1 mgL⁻¹ AD
 (P10A)

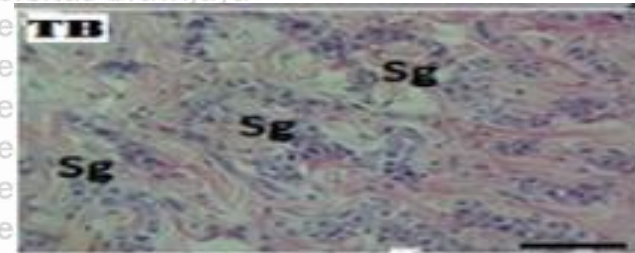
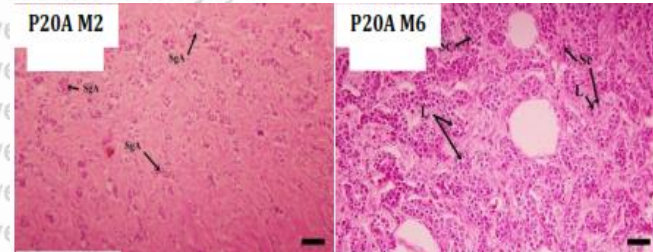
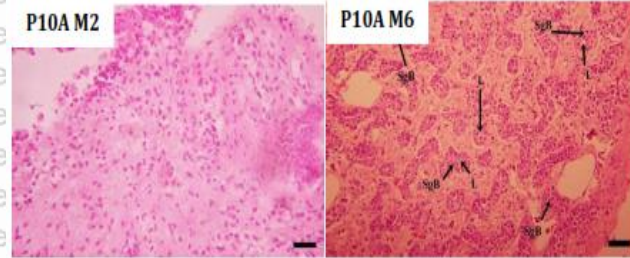
I

20 IU PMSG + Spermatogonia dan
 0,1 mgL⁻¹ AD
 (P20A)

I-II

20 IU/kg PMSG + Spermatogonia
 10 ppm
 antidopamin (TB)

I



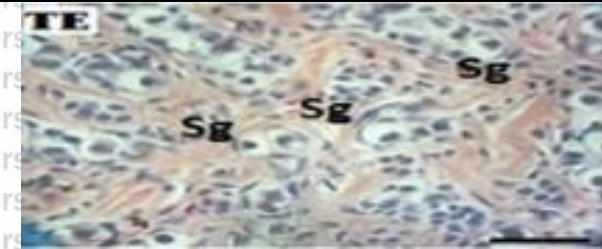
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

20 IU/kg PMSG + Spermatogonia

I

10 µg/kg HCG

(TE)

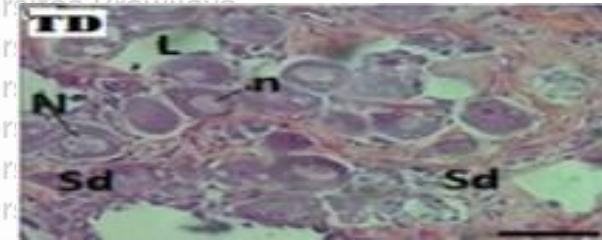


20 IU/kg PMSG

Spermatid

III

(TD)

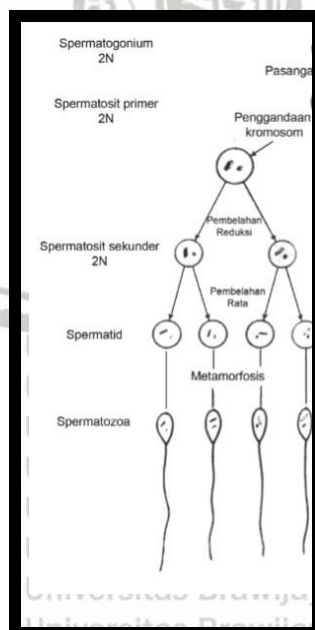


Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan terhadap histologi dan TKG ikan sidat. Hasil terbaik didapatkan pada penggunaan hormon HCG dengan dua dosis perlakuan, yaitu dosis 1.000 IU/ikan memperlihatkan fase spermatisit dan spermatid setelah 20 hari injeksi dan dosis 1,5 IU/kg memasuki fase spermatisit pada minggu ke-3, yang selanjutnya fase spermatozoa sampai spermiasi pada minggu ke-4 dan 7. Kedua perlakuan tersebut menghasilkan kematangan gonad lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan PMSG. Tetapi penggunaan hormon PMSG juga terbukti mampu mencapai fase spermatid, tetapi dengan waktu yang lebih lama, yaitu 63 hari.

Perlakuan HCG dapat merangsang GnRH untuk menstimulasi pelepasan hormon steroid seperti androgen, 11-KT dan testosteron, sehingga gonad matang lebih cepat dibandingkan perawatan ikan dengan perlakuan hormon PMSG. Hal ini dikarenakan kandungan yang ada di dalam HCG berupa FSH dan LH dengan dominan LH, sehingga mempersingkat waktu pemijahan (Guzman, *et al.*, 2011). Begitupun perlakuan PMSG, kandungan dalam hormon PMSG banyak mengandung FSH daripada LH, sehingga sangat baik digunakan untuk menginduksi kematangan akhir gonad (Putra, *et al.* 2017). Putra, *et al.* (2013) menambahkan penggunaan anti-dopamin (AD) sebagai kombinasi perlakuan dapat berfungsi untuk memblokir kerja dopamin agar hipotalamus mensekresi GnRH.

Cara kerja hormon FSH dan LH yang terkandung dalam hormon HCG dan PMSG disalurkan melalui sirkulasi darah untuk selanjutnya dibawa menuju kelenjar testis atau ovarium (Sudrajat, *et al.*, 2014). FSH akan merangsang sel sertoli untuk pembentukan spermatogenesis, mensekresikan hormon androgen binding protein (ABP) dan inhibin, serta mengatur dan menyediakan nutrisi untuk perkembangan sel germinal selama gametogenesis. ABP merupakan protein pembawa hormon androgen dalam transpor pembuluh darah, sedangkan inhibin

adalah glikoprotein yang berperan menghambat produksi FSH. LH akan merangsang sel leydig untuk mensekresikan hormon androgen berupa hormon testosteron yang berperan merangsang spermatocytogenesis (perkembangan spermatogonia menjadi spermatisit selanjutnya spermatid) dan hormon 11-ketotestosteron untuk merangsang spermiogenesis (perubahan spermatid menjadi spermatozoa. Apabila produksi spermatozoa dianggap berlebih, maka inhibin akan melakukan umpan balik negatif terhadap hipotalamus dan hipofisis agar sekresi FSH terhambat (Tomasoa, *et al.*, 2015; Damayanti, 2010). Tahap spermatogenesis (Gambar 10) diawali berkembangnya sel germinal melalui beberapa tahap sitologi. Sel-sel germinal yang berada di dalam stroma dinding tubulus menghasilkan spermatogonia. Selanjutnya spermatogonia akan menjadi spermatogonium dormant dan spermatogonium aktif yang membelah menjadi spermatisit primer (2n). Spermatisit primer mengalami pembelahan miosis menjadi spermatisit sekunder (n) yang selanjutnya menjadi spermatid (n). Spermatisit berkembang menjadi spermatozoa (n) (Miura and Miura, 2011; Damayanti, 2010).



Sumber: Damayanti, 2010
Gambar 10. Spermatogenesis

Hasil yang berbeda-beda dari setiap perlakuan hormon dapat diakibatkan aktivitas biologi masing-masing hormon (Herranz, *et al.*, 2019). Gallego, *et al.* (2012) menambahkan bahwa bioaktivitas bergantung pada dimerisasi dan glikosilasi yang terjadi di retikulum endoplasma kasar dan aparatur golgi. Hal ini berhubungan dengan asal dan karakteristik hormon yang digunakan berbeda-beda. Hormon HCG diproduksi dari urin wanita hamil yang telah dimurnikan, sedangkan PMSG merupakan glikoprotein kompleks yang diperoleh dari serum kuda hamil. Oleh karena karakteristik dan asal usul nya berbeda, memungkinkan setiap hormon memiliki derajat dan jenis glikolisasi yang berbeda sehingga dalam melakukan tahap pematangan gonad juga berbeda. Selain itu, perkembangan gonad juga dipengaruhi oleh status perkembangan gonad sebelum ikan diinjeksi hormon buatan dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pematangan akhir (Kagawa, *et al.*, 2013).

4.7.6 Kualitas Air

Pengukuran kualitas air yang dilakukan beberapa peneliti (Tabel 7), masih berada dalam kisaran optimum, sehingga mampu menunjang keberlangsungan hidup ikan sidat. Dalam hal ini, kualitas air khususnya suhu dianalisis pengaruhnya terhadap kematangan gonad ikan sidat, sedangkan parameter kualitas air lainnya (DO, pH, Salinitas) sebagai parameter penunjang.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Parameter	Kualitas Optimum	Sudrajat, <i>et al.</i> (2014)	Tomasoa, <i>et al.</i> (2015)	Aryani, <i>et al.</i> (2015)	Herranz, <i>et al.</i> (2019)	Gallego, <i>et al.</i> (2012, 2015)
Suhu (°C)	16-20 (A. <i>anguilla</i>) 26-33,5 (A. <i>bicolor</i>)	28-32	27-29	27-28	18-22	20
pH	7-8	5,6-8,9	6,6-6,8	6,7-6,8	-	-



DO (ppm)	>4	1,7-7,1	4,1-6,5	7,0-7,3	-	-
Salinitas (ppt)	25-35 (<i>A. anguilla</i>)	0-4	29-30	25-30	30-35	37
	0-16,8 (<i>A. bicolor</i>)					

Hasil review memperlihatkan kisaran suhu pada media perawatan *A. bicolor* berkisar 27-32°C dan *A. anguilla* berkisar 18-22°C. Hasil tersebut masih dalam nilai yang optimal atau masih dapat ditoleransi oleh ikan sidat. Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan gonad. Hal ini sesuai dengan penelitian Gallego, *et al.* (2012), suhu merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kehidupan organisme. Suhu berkaitan dengan perubahan musim yang nantinya berinteraksi dengan fotoperiode yang mengatur proses pematangan gonad. Suhu dapat memodulasi aktivitas enzimatik yang diperlukan untuk sintesis steroid dan reseptornya. Ikan dengan suhu lingkungan 20°C mengalami spermiasi lebih awal. Hal ini dikarenakan suhu hangat diperlukan untuk menginduksi produksi sperma pada sidat. Sedangkan pada suhu rendah (10-15°C) dapat mencegah proses spermiasi. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu tinggi dapat mempercepat spermatogenesis, sedangkan suhu rendah membutuhkan waktu lebih lama.

4.7.7 Analisis Ekonomi

Harga hormon hCG dan PMSG (Gallego, *et al.*, 2012) berturut-turut sebesar 7,5 € (Rp.129.464) dan 10,6 € (Rp. 182.976). Dengan harga tersebut apabila diakumulasikan dari segi sperma yang dihasilkan, penggunaan hormon HCG dan PMSG masih tergolong tidak ekonomis karena untuk mendapatkan 1 mL sperma yang berkualitas baik harus mengeluarkan biaya sebesar 0,7 €/mL (Rp. 12.083/mL) dan 1,8 €/mL (Rp. 31.071/mL). Sedangkan biaya yang

dikeluarkan per gram bobot ikan berdasarkan penelitian Gallego, *et al.* (2015) sebesar 0,003 € (Rp. 51,79 HCG) dan 0,004 € (Rp. 69,05 PMSG) untuk mendapatkan sperma dengan populasi motilitas yang tinggi. Biaya hormon yang mahal berkaitan dengan jumlah dosis yang digunakan disesuaikan dengan bobot ikan per kg.

Penelitian terbaru yang dilakukan Herranz, *et al.* (2019) terkait analisis ekonomi dikaitkan dengan pengeluaran biaya yang tidak terlalu mahal (terjangkau) untuk mendapatkan testis dengan volume dan densitas yang lebih besar, serta kualitas yang sangat baik (motilitas dan kecepatan sperma).

Penggunaan hormon HCG hanya membutuhkan biaya sebesar 0,69 € (Rp. 11.910) / ikan / minggu dengan hasil profitabilitas lebih tinggi dibandingkan menggunakan hormon PMSG.

Berdasarkan pernyataan diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan hormon HCG lebih ekonomis, dibandingkan penggunaan hormon PMSG. Hal tersebut dikaitkan dengan harga yang dikeluarkan bisa sebanding dengan kualitas sperma atau telur yang dihasilkan.

BAB V. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil *literature review* sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil beberapa penelitian penggunaan hormon *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG) terbukti mampu meningkatkan perkembangan gonad jantan pada ikan sidat. Hasil terbaik didapatkan pada injeksi hormon HCG dengan dosis 1,5 IU/kg (30 hari perawatan) dan 1.000 IU/ikan (13 minggu perawatan), terbukti mengalami tahap kematangan gonad lebih cepat dibandingkan hormon PMSG.
- Hasil yang didapatkan berdasarkan perkembangan gonad pada ikan sidat. Penggunaan hormon HCG dan PMSG mampu menghasilkan gonad pada TKG I sampai TKG V. Hormon HCG umumnya menghasilkan TKG I-V, sedangkan PMSG hanya mampu sampai tahap TKG III.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan *literature review*, yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan hormon HCG dan PMSG pada ikan sidat dengan ukuran yang berbeda (10, 20, 30, 40 dan 50 cm) sehingga dapat memberikan informasi lebih lengkap dan terperinci, serta penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh media salinitas yang berbeda terhadap perkembangan gonad ikan sidat agar lebih menunjang kelangsungan budidaya ikan sidat.

GLOSARIUM

A
Aklimatisasi : Upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi suatu organisme terhadap lingkungan baru.

Androgen : Hormon yang merangsang atau mengontrol perkembangan serta pemeliharaan karakteristik sekunder jantan.

E
Estrogen : Hormon yang merangsang atau mengontrol perkembangan serta pemeliharaan karakteristik betina.

G
Gametogenesis : Proses pembentukan gamet atau sel kelamin pada ikan.

Gonad : Organ reproduksi pada ikan yang menghasilkan sperma (ikan jantan) atau telur (ikan betina).

H
Hipotalamus : Salah satu bagian dari otak yang mengeluarkan senyawa kimia berupa hormon



untuk membantu mengendalikan fungsi

beberapa organ dalam tubuh.

Human Chorionic Gonadotropin (HCG) : Hormon yang diproduksi oleh syncytiotrofoblas wanita hamil.

Injeksi Intramuskular : Penyuntikan suatu zat ke dalam otot tubuh.

Injeksi Intraperitoneal : Penyuntikan suatu zat ke dalam rongga tubuh.

O

Ovarium : Organ reproduksi betina.

P

Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG) : Hormon diproduksi oleh sel epitel dari jaringan endometrium uterus

S

Spermatogenesis : Proses pembentukan sel kelamin jantan (sel sperma)

T

Testis : Organ reproduksi jantan.

Testosteron : Hormon seks utama jantan dan steroid anabolik.



Vitellogenesis : Sintesis vitellogenin di dalam hati oleh hormon estradiol, serta penyerapan vitellogenin yang terbawa aliran darah ke dalam oosit.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahlina, H. F., Sudrajat, A. O., Budiarti, T., & Affandi, R. (2015). Induksi pematangan gonad secara hormonal pada ikan sidat, *Anguilla bicolor bicolor* McClelland 1844 dengan penggunaan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin*, anti dopamin dan *recombinant Growth Hormone*. *Jurnal Ikhtologi Indonesia*. **15**(3): 209-221. <https://doi.org/10.19027/jai.13.189-201>
- Anggoro, S. Dkk. (2021). Biologi perikanan dan kelautan indonesia. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Biologi_Perikanan_dan_Kelautan_Di_Indone/bqUbEAAQBAJ?hl=id&qbpv=1&dq=siklus+hidup+ikan+sidat&pg=PA61&printsec=frontcover
- Arai, T. (2020). Ecology and evolution of migration in the freshwater eels of the genus *Anguilla* Schrank, 1798. *Heliyon*. **6**(10): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05176>
- Arai, T. & Chino, N. (2012). Diverse migration strategy between freshwater and seawater habitats in the freshwater eel genus *Anguilla*. *Journal of Fish Biology*. **81**: 442-455. <https://doi.org/10.1111/jai.12040>
- Arief, M., Pertiwi, D.K., & Cahyoko, Y. (2011). Pengaruh pemberian pakan buatan, pakan alami, dan kombinasinya terhadap pertumbuhan, rasio konservasi pakan dan tingkat kelulushidupan ikan sidat (*Anguilla bicolor*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **3**(1): 61-66. <http://dx.doi.org/10.20473/jipk.v3i1.11625>
- Aryani, N. M., Sudrajat, A. O., & Carman, O. (2015). Induksi pematangan gonad ikan sidat ukuran 100-150 gram menggunakan PMSG, antidopamin dan 17 α -metiltestosteron. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **14**(2): 135-143. <https://doi.org/10.19027/jai.14.135-143>
- Astuti, P. (2018). Endokrinologi veteriner. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Endokrinologi_Veteriner/Lm9nDwAAQBAJ?hl=id&qbpv=1&dq=hormon+adalah+jurnal&printsec=frontcover
- Ayala, D. J., & Munk, P. (2018). Growth rate variability of larval European eels (*Anguilla anguilla*) across the extensive eel spawning area in the southern Sargasso Sea. *Fisheries Oceanography*. **27**(6): 525-535. <https://doi.org/10.1111/fog.12273>
- Cresci, A., Dkk. (2019). Glass eels (*Anguilla anguilla*) imprint the magnetic direction of tidal currents from their juvenile estuaries. *Communication Biology*. **2**(366): 1-8. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0619-8>

Damayanti, T. (2010). Ilmu reproduksi ternak. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/ILMU_REPRODUKSI_TERNAK/W7IDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=struktur+kimia+hormon+fsh&printsec=frontcover

Diansyah, S. & Marlian, N. (2016). Pemberian pakan berbeda pada benih ikan sidat (*Anguilla* sp.) yang berasal dari Kuala Bubon sebagai upaya domestikasi. *Jurnal Perikanan Tropis*. **3**(2), 213-221. DOI: <https://doi.org/10.35308/jpt.v3i2.50>.

Esteves, S. C. (2015). Efficacy, efficiency and effectiveness of gonadotropin therapy for infertility treatment. *Medical Express*. **2**(3): 1-11. [doi:10.5935/MedicalExpress.2015.03.02](https://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2015.03.02)

Gallego, V., Mazzeo, I., Vilchez, M., Penaranda, D. S., Carniero, P. C. F., Perez, L., Asturiano, J. F. (2012). Study of the effects of thermal regime and alternative hormonal treatments on the reproductive performance of European eel males (*Anguilla anguilla*) during induced sexual maturation. *Aquaculture*. **354-355**: 7-16. [doi:10.1016/j.aquaculture.2012.04.041](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.041)

Gallego, V., Vilchez, M. C. Penarana, D. S., Perez, L., Herraez, M. P., Astuarino, J. F., & Martines, F. (2015). Subpopulation patterns of eel spermatozoa is affected by post-activation time, hormonal treatment and the thermal regimen. *CSIRO*. **27**: 529-543. <https://doi.org/10.1071/RD13198>

Guzman, J. M., Ramos, J., Mylonas, C. C., & Mananos, E. L. (2011). Comparative effects of human chorionic gonadotropin (hCG) and gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRH α) treatments on the stimulation of male Senegalese (*Solea senegalensis*) reproduction. *Aquaculture*. **316**: 121-128. [doi:10.1016/j.aquaculture.2011.03.014](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.014)

Haryanto, A.G., Ruslijanto, H. dan Mulyono, D. 2000. Metode penulisan dan penyajian karya ilmiah : Buku ajar untuk mahasiswa. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=BTAZQG VadDYC&pg=PA78&dq=studi+pustaka+adalah&hl=id&sa=X&ved=2ahUKEwiLwqj9oLLuAhX5H7cAHU1OCw8Q6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=studi%20pustaka%20adalah&f=false>.

Herranz, J. G., Rozenfeld, C., Morini, M., Perez, L., Asturiano, J. F., & Gallego, V. (2019). Recombinant vs purified mammal gonadotropins as maturation hormonal treatments of European eel males. *Aquaculture*. **501**: 527-536. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.015>

Hoga, C. A., Almeida, F. L., & Reyes, F. G. R. (2018). A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. *CyTA – Journal of Food*, **16**(1): 679-691. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1475423>

- Kagawa, H., Fujie, N., Imaizumi, H., Masuda, Y., Oda, K., Adachi, J., Nishi, A., Hashimoto, K., Teruya, K., & Kaji, S. (2013). Using osmotic pump to deliver hormones to induce sexual maturation of female Japanese eels, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **388-391**: 30-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.01.025>
- Kara, E., Dupuy, L., Bouillion, C., Casteret, S., & Maurel, M.C. (2019). Modulation of gonadotropins activity by antibodies. *Frontiers in Endocrinology*, **10**(11): 1-12. [doi: 10.3389/fendo.2019.00015](https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00015)
- Lokman, P. M., Damsteegt, E. L., Wallace, J., Downes, M., Goodwin, S. L., Facoooy, L. J., & Wylie, M. J. (2019). Dose-responses of male silver eels, *Anguilla australis* to human chorionic gonadotropin and 11ketotestosterone in vivo. *Aquaculture*, **463**: 97-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.009>
- Massijaya, M. Y. (2021). Pengembangan perikanan, kelautan dan maritim untuk kesejahteraan rakyat volume 1. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Pengembangan_Perikanan_Kelautan_dan_Mari/22E1EAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=siklus+hidup+ikan+sidat&pg=PA127&printsec=frontcover
- Miura, C., & Miura, T. (2011). Analysis of spermatogenesis using an eel model. *Aqua-BioScience Monographs*, **4**(4): 105-129. <http://dx.doi.org/10.5047/absm.2011.00404.0105>
- Muruganankumar, R., Prethibha, Y., Senthilkumaran, B., Rajakumar, A., & Kagawa, H. (2016). In vivo induction of human chorionic gonadotropin by osmotic pump advances sexual maturation during pre-spawning phase in adult catfish. *General and Comparative Endocrinology*, **30**: 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.09.015>
- Morini, M., Penarada, D. S., Vilchez, M. C., Tveiten, H., Lafont, A., Dufour, S., Perez, L., & Astuarino, J. F. (2017). The expression of nuclear and membrane serotonin receptors in the European eel throughout spermatogenesis. *General and Comparative Endocrinology*, **203**: 91-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.08.020>
- Mylonas, C. C., Duncan, N. J., & Astuariano, J. F. (2017). Hormonal manipulations for the enhancement of sperm production in cultured fish and evaluation of sperm quality. *Aquaculture*, **472**: 21-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.04.021>
- Nguyen, A. T., Chia, J. H. Z., Kazeto, K., Wylie, M. J., & Lokman, P. M. (2020). Induction of oocyte development in previtellogenic eel, *Anguilla australis*. *General and Comparative Endocrinology*, **291**: 113404. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113404>

Nur, B., Cindelaras, S., & Meilisza, N. (2017). Induksi pematangan gonad ikan gurami cokelat (*Sphaerichtys oosphromenoides*, Canestrini 1860) menggunakan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* dan antidopamin. *Jurnal Riset Akuakultur*. **12**(1): 69-76.

<http://dx.doi.org/10.15578/jra.12.1.2017.69-76>

Nurhayati, T. Nurjanah., Nugraha, R. (2019). Fisiologi, formasi dan degradasi metabolit hasil perairan. Available from:

https://www.google.co.id/books/edition/Fisiologi_Formasi_dan_Degradasi_Metaboli/LxMSEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=qinjal+ikan+laut&pg=PA85&printsec=frontcover

Nwabuobi, C., Arlier, S., Schatz, F., Guzeloglu-Kayisli, O., Lockwood, C. J., & Ali-Kayisli, U. (2017). Review hCG: biological functions and clinical applications. *International Journal of Molecular Sciences*. **18**: 2037.

[doi:10.3390/ijms18102037](https://doi.org/10.3390/ijms18102037)

Ozaki, Y., Damsteegt, E. L., Setiawan, A. N., Miura, T., & Lokman, P. M. (2019). Expressional regulation of gonadotropin receptor genes and androgen receptor genes in the eel testis. *General and Comparative Endocrinology*.

280: 123-133. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.04.020>

Penaranda, D. S., Perez, L., Gallego, V., Jover, M., Tveiten, H., & Sylvie, B. (2010). Molecular and physiological of the artificial maturation process in Eroepean eel males: From brain to testis. *General and Comparative Endocrinology*. **160**: 160-171. [doi:10.1016/j.ygcen.2009.08.006](https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.08.006)

Penaranda, D. S., Morini, M., Tveiten, H., Vilchez, M. C., Gallego, V., Dirks, R. P., Thillart, G. E. E. J. M., Prerez, L., & Astuarino, J. F. (2016). Temperature modulates testis steroidogenesis in Erupean eel. *Comparative and Endocrinology*. **197**: 58-67.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.03.012>

Putra, W. K. A., Sudrajat, A. O., & Bambang, N. P. U. (2013). Induksi maturasi belut sawah (*Monopterus albus*) dengan hormon *Human Chorionic Gonadotropin* dan antidopamin. *Jurnal Riset Akuakultur*. **8**(2): 209-220.

<http://dx.doi.org/10.15578/jra.8.2.2013.209-220>

Putra, W. K. A., Handrianto, R., & Razai, T. S. (2017). Maturasi gonad bawal bintang (*Trachinotus blochii*) dengan induksi *Hormon Human Chorionic Gonadotropin* (hCG) dan *Pregnant Mare Serum Gonadotropin*. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. **19**(2) 75-78.

<https://doi.org/10.22146/jfs.28790>

Putri, D. K., Tarsim., Utomo, D. S. C., & Yudha, I. G. (2019). The stimulation of gonad maturity of asian redtaeil catfish *Hemibagrus nemurus* (Valenciennes, 1840) through induction of oocyte developer (Oodev)

- hormone. *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. **8**(1), 966-974. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/irtbp.v8i1.p965-974>.
- Rinidar, M., Isa, T., Hasan, M., & Armansyah, T.R. (2021). Farmakologi obat tradisional hewan prospek wedeliabiflora : buku untuk mahasiswa. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Pengantar_Farmakologi_Analgescik_Antipire/rR0eEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=ginjal+ikan+laut&pg=PA57&printsec=frontcover
- Roy, R. (2013). Budidaya sidat. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Budi_Daya_Sidat/no1p94J6tp0C?hl=id&gbpv=1&dq=klasifikasi+ikan+sidat&pg=PA3&printsec=frontcover
- Rustadi. (2019). Manajemen Akuakultur Tawar. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Manajemen_Akuakultur_Tawar/fdy_nDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- Salsabila, M. & H. Suprpto. 2018. Teknik pembesaran ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Instalasi Budidaya Air Tawar Pandaan, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, **7**(3), 118-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.20473/jafh.v7i3.11260>.
- Samara, S. H., Fibriana, C., Lestari, U. N., & Sudrajat, A. O. (2019). Performance of pregnant mare serum gonadotropin and vitamin mix in inducing striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus* rematuration. *AQUASAINS. Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*. **7**(2): 706-723. <http://dx.doi.org/10.23960/aqs.v7i2.p715-724>
- Sasongko, A. (2007). Sidat panduan penangkapan, pendederan dan pembesaran. Available from: <https://www.google.co.id/books/edition/Sidat/TleUcd0KfPUC?hl=id&gbpv=1&dq=klasifikasi+ikan+sidat&pg=PA6&printsec=frontcover>
- Semiawan, C. R. (2010). Metode Penelitian Kualitatif Jenis, Karakteristik dan Keunggulannya. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=dSpAIXuGUCUC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>.
- Sudrajat, A. O., Sugati, A., & Alimuddin. (2014). Induksi maturasi sidat *Anguilla bicolor* menggunakan kombinasi hormon berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **12**(2): 189-201. <https://doi.org/10.19027/jai.13.189-201>
- Sugianti, Y., Putri, M. R. A., & Purnamaningtyas, S, E. (2020). Spesies ikan sidat (*Anguilla* Spp.) dan karakteristik habitat ruayanya di Sungai Cikaso, Sukabumi, Jawa Barat. *LIMNOTEK*. **27**(1): 39-54. <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v20i2.69>

Sun, S., Liu, S., Luo, J., Chen, Z., Li, C., Loo, J. J., Cao, Y. (2019). Repeated pregnant mare serum gonadotropin-mediated oestrous synchronization alters gene expression in the ovaries and reduces reproductive performance in dairy goats. *Reproduction in Domestic Animal*. **54**: 873-881. <https://doi.org/10.1111/rda.13439>

Tabouret, H., Bareille, G., Clavier, F., Pécheyran, C., Prouzet, P., & Donard, O. F. X. (2010). Simultaneous use of strontium:calcium and barium:calcium ratios in otoliths as markers of habitat: Application to the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Adour basin, South West France. *Marine Environmental Research*. **70**(1): 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.02.006>

Theofanakis, C., Drakakis, P., Besharat, A., & Loutradis, D. (2017). Review human chorionic gonadotropin: the pregnancy hormone and more. *International Journal of Molecular Sciences*. **18**(5): 1059. doi: [10.3390/ijms18051059](https://doi.org/10.3390/ijms18051059)

Tomasoa, A. M., Sudrajat, A. O., & Junior, M. Z. (2015). Induksi pematangan gonad ikan sidat menggunakan PMSG, antidopamin dan estradiol-17 β . *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **14**(2): 112-121. <https://doi.org/10.19027/jai.14.112-121>

Yulianto, T., Putra, W. K. A., Miranti, S., Hardiyanti, T., Fitriana, S., & Fuzanadi. (2019). Tingkat kematangan gonad ikan sembilang dengan induksi hormon hCG berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **9**(1): 95-109. <http://dx.doi.org/10.333512/jpk.v9i1.7077>

Yuniarti, Dkk. (2021). Pengetahuan bahan baku perikanan. Available from: https://www.google.co.id/books/edition/Pengetahuan_Bahan_Baku_Perikanan/IBYtEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1

Zahri, A., Sudrajat, A. O., & Junior, M. Z. (2015). Pertumbuhan gonad ikan sidat *Anguilla bicolor bicolor* yang diinduksi kombinasi hormon HCG, MT, E₂ dan antidopamin. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **14**(1): 69-78. <https://doi.org/10.19027/jai.14.69-78>

Zahri, A., Tjoanda, M., & Farida. (2021). Spermatogenesis pada sidat (*Anguilla bicolor bicolor* Mc Clelland, 1844) hasil induksi kombinasi metiltestosteron dan anti dopamin. *Jurnal Ruaya*. **9**(1): 30-38. <http://dx.doi.org/10.29406/jr.v9i1.2467>

Zed, M. (2004). Metode Penelitian Kepustakaan. Available from: <https://books.google.co.id/books?id=iLV8zwHnGo0C&printsec=frontcover&dq=studi+pustaka+adalah&hl=id&sa=X&ved=2ahUKEwiLwqj9oLLuAhX5H7cAHU1OCw8Q6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=studi%20pustaka%20adalah&f=false>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Abstraksi Jurnal

1.	Judul	Recombinant vs purification mammal gonadotropin as maturation hormonal treatments of European eel males
	Penulis	Herranz, <i>et al.</i> 2019
	Abstraksi	<p>Dalam tiga dekade terakhir, sidat Eropa <i>Anguilla anguilla</i> mengalami penurunan hingga 99% di beberapa bagian jangkauan distribusinya, sehingga pembiakan di penangkaran saat ini dianggap sebagai kunci untuk menyelamatkan spesies ini. Dengan pemikiran ini, diharapkan memperoleh gamet berkualitas tinggi seperti studi berkelanjutan tentang perawatan hormonal baru untuk memperbaiki metode saat ini. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah i) untuk menilai pengaruh dari dua perlakuan hormonal (OVI, rekombinan α-choriogonadotropin; dan VET, human chorionic gonadotropin dimurnikan dari urin betina) terhadap kinerja reproduksi belut jantan Eropa dan, setelah memilih hormon terbaik, ii) membandingkan efek dari tiga dosis untuk memotong biaya pematangan buatan. Hasil kami menunjukkan bahwa jenis hormon yang digunakan (rekombinan vs gonadotropin murni) secara signifikan mempengaruhi perkembangan spermiasi pada belut jantan Eropa, dan bahwa hormon rekombinan (OVI) menghasilkan hasil yang lebih baik dalam hal kuantitas dan kualitas sperma di sebagian besar minggu pengobatan, dengan demikian tetap menjadi pengobatan yang efektif untuk menginduksi spermiasi pada spesies ini. Di sisi lain, dalam percobaan dosis, hasil kami menunjukkan bahwa dari dosis terendah hingga tertinggi (0,25 sampai 1,5 IU / g ikan) semua perlakuan mampu menginduksi keseluruhan proses spermiasi. Namun, dosis mingguan 1,5 IU / g ikan hormon rekombinan (OVI) diperlukan untuk memberikan jumlah yang penting (volume dan kepadatan) sampel (motilitas dan kecepatan) kualitas tinggi selama pengobatan. Terakhir, analisis ekonomi menunjukkan bahwa hormon rekombinan (OVI, 1,5 IU / g ikan) memiliki profitabilitas yang lebih besar daripada perlakuan lainnya, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan sperma berkualitas tinggi dengan harga yang lebih rendah. Dalam konteks ini, dan mengingat fakta bahwa dalam beberapa minggu pertama perawatan hormonal tidak ada produksi sperma berkualitas tinggi, terapi hormonal jangka panjang diperlukan untuk mengurangi biaya sperma</p>



		sidat Eropa berkualitas tinggi.
2.	Judul	Dose response of male silver eels, <i>Anguilla anguilla</i> to human chorionic gonadotropin and 11-ketotestosteron in vivo
	Penulis	Lokman, et al. 2016
	Abstrak	<i>Human chorionic gonadotropin</i> (hCG) secara luas digunakan untuk menginduksi spermatogenesis pada <i>Anguilla</i> jantan, tetapi efikasi injeksi intramuskular (IM) vs intraperitoneal (IP), maupun dosis yang mengarah ke respons setengah maksimum belum ditentukan. Oleh karena itu, kami melakukan studi respons dosis in vivo dengan pemberian tunggal hCG pada belut sirip pendek jantan tahap perak dan mengevaluasi indeks gonadosomatik (GSI), histologi testis dan kadar plasma 11-ketotestosteron (11KT). Efek setengah-maksimum hCG pada tingkat GSI dan 11KT disimpulkan masing-masing membutuhkan 0,47 dan 0,85 IU hCG/g berat badan. Respon gonad secara signifikan lebih kuat IM daripada injeksi IP. Selanjutnya, efek dari implan IP yang mengandung 11KT, mediator utama aksi gonadotropin pada testis belut, ditentukan; prediksi kami bahwa 11KT akan meniru Efek hCG sebagian besar ditolak meskipun testis merespons tergantung dosis dalam rentang 11-KT yang diuji, pertumbuhan testis sederhana dan perkembangan sel germinal tampaknya terkait terutama dengan proliferasi spermatogonial terbatas. Ekspresi reseptor hormon luteinizing dan kedua reseptor androgen di testis secara signifikan lebih rendah pada sidat yang diberi 11KT daripada kontrol. Kami menyimpulkan bahwa i) suntikan hCG IM ke belut jantan mungkin lebih disukai daripada suntikan IP, ii) implan 11KT hanya dapat meniru sebagian efek hCG pada belut jantan in vivo, dan iii) desain respons dosis hCG menjanjikan untuk mengevaluasi pengobatan efek dan membandingkan antara studi dari kelompok penelitian yang berbeda. Pernyataan relevansi/dampak: Induksi spermatogenesis pada sidat jantan penangkaran menggunakan hCG.
3.	Judul	Study of the effect of thermal regime and alternative hormonal treatment on the reproductive performance of European eel males (<i>Anguilla anguilla</i>) during induced sexual maturation
	Penulis	Gallego, et al. 2012
	Abstrak	Sejak tahun 1960, ikan sidat Eropa (<i>Anguilla anguilla</i>) mengalami penurunan stok di alam secara drastis. Pembudidayaan di penangkaran dianggap sebagai alternatif, tetapi untuk mendapatkan sperma dengan berkualitas tinggi menjadi perhatian dalam hal ini. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menilai efek dari tiga rezim termal (dua di



		<p>antaranya variabel: T10 dan T15; dan salah satunya konstan: T20) dan tiga perlakuan berupa induksi hormonal dengan hormon berbeda (hCG, hCGrec dan PSMG) sebagai pematangan pada belut jantan Eropa. Dalam kasus rezim termal, hasil kami menunjukkan bahwa awal perkembangan spermiasi sangat dipengaruhi dan mungkin diatur secara ketat oleh suhu air. T20 menunjukkan hasil terbaik di semua parameter sperma (volume, kepadatan, motilitas, fitur kinetik, dll). Metode perawatan selama hampir setiap minggu perawatan menjadi metode yang produktif untuk menginduksi spermiasi pada spesies ini. Dalam kasus perawatan hormonal, awal perkembangan spermiasi pada belut jantan Eropa dipengaruhi oleh hormon yang digunakan. Dalam hal ini, hCGrec menghasilkan hasil terbaik di semua parameter sperma termasuk volume, kepadatan, motilitas, fitur kinetik, dll., selama sebagian besar minggu pengobatan, sehingga menjadi alternatif yang efektif dibandingkan dengan perawatan hCG standar yang sering digunakan untuk menginduksi spermiasi pada spesies belut. Selain itu, hCGrec meningkatkan keuntungan ekonomis terbaik, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan sampel sperma berkualitas baik dengan harga lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan dua perawatan hormonal lainnya.</p>
4.	Judul	<p>Induksi pematangan secara hormonal pada ikan sidat <i>Anguilla bicolor</i> McClelland 1844 dengan penggunaan <i>Pregnant Mare Serum Gonadotropin</i>, <i>antidopamin</i> dan <i>Recombinant Growth Hormone</i></p>
	Penulis	<p>Ahlina, <i>et al.</i> 2015</p>
	Abstrak	<p>Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan hormon Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG), Anti Dopa min (AD) dan Recombinant Growth Hormone (rGH) melalui teknik penyuntikan terhadap pematangan gonad ikan sidat (<i>Anguilla bicolor bicolor</i>). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan kombinasi hormon yaitu 10 IU PMSG + 0,1 mgL⁻¹ AD (P10A), 10 IU PMSG + 0,1 mgL + 10 µg rGH (P10B), 20 IU PMSG + 0,1 mgL⁻¹ AD (P20A), 20 IU PMSG + 0,1 mgL⁻¹+ 10 µg Rgh (P20B) dan PK (kontrol). Pada setiap perlakuan, sebanyak 20 ekor ikan digunakan sebagai ulangan individu dan sampling dilakukan setiap minggu selama delapan minggu masa pemeliharaan. Parameter yang diamati meliputi nilai laju pertumbuhan spesifik (LPS), indeks heatosomatik (IHS), indeks gonadosomatik (IGS) dan indeks mata (IM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P20A menyebabkan perkembangan spermatogenesis dan meningkatkan nilai IGS</p>



		<p>tertinggi (2,291±0,278%) pada minggu ke empat hingga keenam setelah penyuntikan dibandingkan perlakuan P20B (2,134±0,265%), P10B (2,065±0,201%), P10A (2,037±0,105%) dan PK (1,937±0,050%). Nilai IHS pada perlakuan P20A (1,188±0,091%) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Nilai LPS tertinggi ditemukan pada perlakuan P20B (0,514±0,062 %) dan terendah pada perlakuan Kontrol (0,052±0,027%). Nilai IM juga meningkat pada perlakuan P20B (10,599±2,372) seiring dengan bertambahnya bobot tubuh dan terendah pada perlakuan PK (7,189±0,217). Kombinasi hormon PMSG, AD dan rGH dapat merangsang perkembangan testis ikan sidat ukuran 140-150 g serta memacu pertumbuhan 0,514 %.</p>
5.	Judul	Induksi pematangan gonad ikan sidat ukuran 100-150 gram menggunakan PMSG, <i>antidopamin</i> dan <i>17α-metilttestosteron</i>
	Penulis	Aryani, <i>et al.</i> 2015
	Abstrak	<p>Ikan sidat <i>Anguilla bicolor bicolor</i> yang dipasarkan pada umumnya merupakan hasil usaha pembesaran yang benih dan induknya masih diperoleh dari alam. Penyediaan induk ikan sidat terkendala dengan siklus hidup dan variasi perbedaan ukuran induk ikan sidat jantan dan betina matang gonad yang belum pasti. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran induksi hormonal yang disuntikkan pada ikan sidat dalam mempercepat proses pematangan gonad ikan sidat ukuran 100–150 g. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen rancangan acak lengkap dengan kombinasi <i>pregnant mare serum gonadotropin</i> (PMSG), <i>antidopamin</i> (AD), dan <i>17α-metilttestosteron</i> (MT) sebagai berikut P1 (10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD), P2 (20 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD), P3 (10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 μg/kg MT), P4 (20 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 μg/kg MT), dan P5 (kontrol; tanpa perlakuan hormon). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pertambahan panjang seiring dengan pertambahan bobot diperoleh dari perlakuan P4 dan P3. Indeks gonadosomatik tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 (1,3030±0,24262). Hasil histologi gonad ditemukan perkembangan spermatogonia fase 2 pada P3 di minggu kedelapan. Konsentrasi testosteron tertinggi didapat dari perlakuan P3 kemudian diikuti P4, P2, dan P1 pada minggu keempat. Kombinasi hormon 10 IU/kg PMSG + 0,01 mg/kg AD + 150 μg/kg MT dapat mempercepat pematangan gonad dan pertumbuhan pada ikan sidat selama delapan minggu pemeliharaan.</p>
6.	Judul	Induksi maturasi ikan sidat <i>Anguilla bicolor</i> menggunakan kombinasi hormon berbeda



Penulis	Sudrajat, <i>et al.</i> 2014
Abstrak	<p>Pemijahan ikan sidat secara buatan belum dapat dilakukan karena keterbatasan induk matang gonad. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian hormon terhadap percepatan proses perkembangan gonad ikan sidat (<i>Anguilla bicolor</i>). Hormon yang digunakan adalah kombinasi dari <i>pregnant mare serum gonadotropin</i> (PMSG), <i>human chorionic gonadotropin</i> (HCG), antidopamin dan <i>recombinant growth hormone</i> (rGH). Induksi hormonal untuk mempercepat perkembangan gonad ikan sidat dilakukan melalui lima perlakuan yaitu yaitu kontrol (NaCl 0,9%), PMSG 20 IU/kg, PMSG 20 IU/kg+antidopamin 100 ppm/kg, PMSG 20 IU/kg+antidopamin 100 ppm/kg+rGH 10 µg/kg dan PMSG 20 IU/kg+HCG 10 IU/kg. Setiap perlakuan dilakukan pada sepuluh ekor ikan sidat. Aplikasi induksi hormonal dilakukan melalui penyuntikan secara intramuskular sebanyak lima kali dengan interval tujuh hari sekali, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap perkembangan gonad selama 21 hari dengan interval tujuh hari sekali setelah penyuntikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan hormonal menyebabkan tingkat kebuntingan sebanyak 100% pada ikan perlakuan, sedangkan kontrol sebanyak 0%. Kombinasi terbaik adalah PMSG+antidopamin+rGH, terlihat dari fase gamet yang lebih matang yaitu mencapai fase spermatosit pada ikan jantan dan oosit dengan fase perinukleolar pada ikan betina. Berdasarkan hasil penelitian, ikan sidat dengan bobot 120,4–207,8 g dan panjang 40,9–43,1 cm masih berjenis kelamin jantan. Ikan dengan bobot 274,8 g dan panjang 47 cm masih berada pada fase peralihan kelamin, sedangkan pada bobot 323,4 dan panjang 53 cm sudah berjenis kelamin betina.</p>
7. sidat	Pertumbuhan gonad sidat <i>Anguilla bicolor</i> yang diinduksi kombinasi hormon HCG, MT, E2 dan antidopamin
	Zahri, <i>et al.</i> 2015
	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan gonad yang distimulasi oleh kombinasi <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG), metilttestosteron (MT), estradiol (E₂) dan antidopamin (A). Ikan sidat disuntik dengan hormon dan 0,9% NaCl sebagai kontrol secara intramuskular. Pengukuran konsentrasi hormon E₂ dalam serum darah dengan <i>enzyme-linked immunosorbent assay</i> (ELISA). Stimulasi dengan hCG 20 IU/kg dikombinasi dengan MT 3 mg/kg dan antidopamin 10 µg/kg (perlakuan hTA) sangat efektif untuk feminisasi dan meningkatkan pertumbuhan gonad dengan indikator indeks gonadosomatik (GSI) 4,80%, indeks hepatosomatik 1,01%</p>



		dan konsentrasi E ₂ ,49±0,67 ng/mL, secara signifikan berbeda pada taraf P<0,05 dibandingkan perlakuan lain setelah sepuluh minggu aplikasi.
8.	Judul	Induksi pematangan gonad ikan sidat menggunakan PMSG, antidopamin dan estradiol 17β
	Penulis	Tomasoa, <i>et al.</i> 2015
	Abstrak	Penelitian ini dilakukan untuk menginduksi pematangan gonad ikan sidat <i>Anguilla bicolor bicolor</i> secara hormonal dengan menggunakan pregnant mare serum gonadotrophin (PMSG), antidopamin (AD), dan estradiol-17β (E ₂). Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan kombinasi hormon, yaitu PK (larutan NaCl 0,95%) sebagai kontrol, P10A (PMSG 10 IU + AD 10 ppm), P20A (PMSG 20 IU + AD 10 ppm), P10BE (PMSG 10 IU + AD 10 ppm + E ₂ 150 μg), dan P20BE (PMSG 10 IU+AD 10 ppm+ E ₂ 150 μg), dengan tiga ulangan individu pada masing-masing perlakuan. Induksi hormonal dilakukan dengan metode penyutikan secara intramuskuler setiap minggu selama delapan minggu dengan bobot ikan yang berukuran 200 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis hormon pada perlakuan P10BE memberikan nilai tertinggi masing- masing; kadar E ₂ (0,43 ng/mL), kadar FSH (2,68 mIU/mL) meningkat di minggu keempat dan kadar T (1,2 ng/mL), kadar LH (2,80 mIU/mL) mengalami peningkatan pada minggu kedelapan. P10BE memberikan efek pada spermatogenesis dan peningkatan nilai GSI (2,46%) pada minggu keempat sampai keenam selama penyuntikkan dibandingkan dengan PK (1,28%), P10A (1,58%), P20A (1,34%) dan P20BE (2,12%). Dengan demikian, kombinasi hormon PMSG, AD, dan E ₂ dapat merangsang perkembangan dan mempercepat pematangan gonad ikan sidat ukuran 200 g menjadi jantan.
9.	Judul	Expressional regulation of gonadotropin receptor genes and androgen receptor genes in the eel testis
	Penulis	Ozaki, <i>et al.</i> 2019
	Abstrak	Reseptor untuk hormon perangsang berupa folikel (Fshr), hormon luteinizing (Lhcgr1 dan Lhcgr2) dan androgen (Ara dan Arb) mentransduksi sinyal hormonal yang mengoordinasikan spermatogenesis, tetapi untuk faktor yang mengatur kelimpahan transduser ini pada testis ikan masih memiliki pemahaman sedikit. Untuk memperbaiki kekurangan informasi ini, pertama kita menentukan perubahan kelimpahan transkrip untuk reseptor ini (fshr, lhcr1, ara dan arb) selama spermatogenesis yang diinduksi oleh <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG) pada <i>Anguilla</i>



		<p><i>australis</i>. Kami mengaitkan temuan kami dengan produksi androgen, 11-ketotestosteron (11-KT) pada testis ikan dengan tingkat transkrip yang mengkode protein regulator akut steroidogenik (<i>star</i>) dan 11β-hidroksilase (<i>cyp11b</i>) dan kemudian mengevaluasi efek dari hCG atau 11-KT pada tingkat mRNA gen secara in vitro. Produksi 11-KT pada testis sangat meningkat dengan pengobatan hCG, baik secara in vivo maupun in vitro yang terkait dengan regulasi transkrip <i>star</i> dan <i>cyp11b</i>. Hibridisasi in situ menunjukkan bahwa kadar mRNA <i>fshr</i> testis lebih tinggi pada tahap awal spermatogenesis yang diinduksi hCG, sementara transkrip <i>lhcr1</i> paling melimpah spermatid diamati. Percobaan in vitro lebih lanjut menunjukkan bahwa hCG dan mediator steroidnya 11-KT secara signifikan meningkatkan transkrip. Data ini memberikan sudut pandang baru pada interaksi antara gonadotropin dan pensinyalan androgen selama spermatogenesis awal. Peningkatan kada 11-KT setelah injeksi hCG meningkatkan level mRNA <i>fshr</i> pada testis yang dapat meningkatkan sensitivitas Fsh di testis. Bukti ini menunjukkan umpan balik positif di antara gonadotropin dan 11-KT yang mungkin merupakan kunci untuk mengatur spermatogenesis awal pada ikan.</p>
10.	Judul	Using osmotic pump to deliver homones to induce sexual maturation of female japanese eels, <i>Anguilla japonica</i>
	Penulis	Kagawa, <i>et al.</i> 2013
	Abstrak	<p>Penelitian ini mengkaji bagaimana pemberian berbagai hormon secara terus menerus dengan menggunakan pompa osmotik sebagai alat pelepasan hormon yang berkelanjutan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi induksi pematangan seksual pada belut Jepang betina, <i>Anguilla japonica</i>. Human chorionic gonadotropin (hCG), salmon pituitary extract (SPE) dan gonadotropin-releasing hormone analogue (GnRHa) diuji dengan mengevaluasi kualitas telur konsekuen. Implantasi pompa osmotik yang diisi dengan SPE menginduksi vitellogenesis dan meningkatkan indeks gonadosomatik (GSI) pada 39–110 hari. Sebagai perbandingan, pompa yang diisi dengan hCG secara tidak konsisten menyebabkan vitellogenesis awal, sedangkan pompa yang diisi dengan GnRHa tidak menunjukkan efek stimulasi. Lebih sedikit belut yang mencapai kematangan penuh saat menggunakan sistem pompa osmotik dibandingkan dengan belut betina yang diinjeksi SPE. Namun, setelah perawatan terakhir, jumlah belut yang berovulasi dan waktu yang dibutuhkan untuk ovulasi sama untuk kelompok pompa osmotik dan injeksi. Selain itu, lebih</p>



		<p>banyak telur yang dipijahkan pada kelompok pompa osmotik yang memuat SPE dibandingkan pada kelompok yang diinjeksi SPE. Kualitas telur serupa untuk kedua kelompok eksperimen. Oleh karena itu, implantasi pompa osmotik yang diisi dengan SPE merupakan metode yang dapat diandalkan untuk menginduksi vitellogenesis dan memperoleh telur ovulasi dari belut Jepang yang belum matang secara seksual.</p>
11.	Judul	Subpopulation pattern of eel spermatozoa is affected by post-activation time, hormonal treatment and the thermal regimen
	Penulis	Gallego, <i>et al.</i> 2015
	Abstraksi	<p>Selama 60 tahun terakhir, telah terjadi penurunan stok alami ikan sidat (genus <i>Anguilla</i>) dan budidaya sidat saat ini masih bergantung pada penangkapan sidat di alam dalam jumlah yang sangat besar. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengurangi tekanan pada populasi di alam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi subpopulasi sperma (melalui analisis <i>cluster</i> data analisis sperma bantuan komputer) pada belut Eropa (<i>Anguilla anguilla</i>) dan untuk menilai efek waktu perolehan motilitas setelah aktivasi (yaitu pada 30, 60 dan 90 s) dengan tambahan perlakuan rezimen termal 10°C (T10); 15°C (T15) dan 20°C(T20) dengan perawatan hormonal menggunakan <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG), rekombinan (r) hCG atau gonadotropin serum kuda betina hamil (PMSG) pada subpopulasi ini. Dalam semua kasus, kami memperoleh tiga subpopulasi spermatozoa: kecepatan rendah dan linier (S1); kecepatan tinggi dengan linearitas rendah (S2); dan kecepatan tinggi dan linier (S3; dianggap berkualitas tinggi). Total motilitas S1 dipengaruhi oleh waktu akuisisi dengan demikian waktu 30 detik direkomendasikan sebagai waktu standar untuk akuisisi motilitas. Ketika sidat dalam perlakuan suhu 20°C (T20) tergolong S3 dengan motilitas dan proporsi tertinggi pada minggu 8 dan 12 setelah injeksi pertama. Suhu yang lebih rendah (T10, T15) menunda spermiasi dan perolehan spermatozoa (S3), tetapi tampaknya tidak mengubah proses spermiasi (pola subpopulasi serupa). Sebaliknya, perawatan hormonal PMSG menunda pola subpopulasi dan permulaan. Motilitas total dan hasil S3 dengan pengobatan hCG yang banyak digunakan bervariasi sepanjang periode spermiasi. Namun, menggunakan rhCG memungkinkan kami untuk mendapatkan motilitas berkualitas tinggi dan konstan (minggu 7-20) dan hasil S3 juga lebih tinggi secara keseluruhan (61,8 1,3%; rata-rata s.e.m) dan lebih stabil dari waktu ke waktu daripada yang lain (rata-rata 53,0 1,4%). Penggunaan T20 dan rhCG akan lebih ekonomis dan praktis, memungkinkan</p>



		kita memperoleh jumlah spermatozoa S3 yang lebih banyak selama waktu yang diperpanjang.
12.	Judul	Maturasi Gonad Bawal Bintang (<i>Trachinotus blochii</i>) dengan Induksi Hormon Human Chorionic Gonadotropin (hCG) dan Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG)
	Penulis	Putra, <i>et al.</i> 2017
	Abstrak	Hormon <i>human Chorionic Gonadotropin</i> (hCG) dan hormon <i>Pregnant Mare Serum Gonadotropin</i> (PMSG) merupakan produk yang berisi <i>Follicle Stimulating Hormone</i> (FSH) dan <i>Luteinizing Hormone</i> (LH) yang berperan dalam pengaturan perkembangan gonad ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh induksi hormon hCG dan PMSG dan perlakuan yang terbaik dalam induksi maturasi gonad bawal bintang. Penelitian ini menggunakan tiga perlakuan: kontrol (NaCl), hormon hCG 20 IU/kg ⁻¹ dan PMSG 20 IU.kg ⁻¹ bobot tubuh ikan. Wadah yang digunakan dalam pemeliharaan ikan berupa karamba jaring apung (KJA) dengan ukuran 3 x 3 x 3 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan 20 IU PMSG pada bawal bintang menghasilkan kematangan gonad terbaik dengan nilai GSI sebesar 0,6%, HSI sebesar 1,25%, tingkat kematangan gonad (TKG) III dan secara histologi terjadi perkembangan oosit sekunder dan primer. Kesimpulan penelitian ini adalah induksi hormon hCG dan PMSG berpengaruh terhadap maturasi gonad bawal bintang selama 4. Perlakuan hormon PMSG dengan dosis 20 IU.kg ⁻¹ bobot tubuh ikan menghasilkan kematangan gonad terbaik.
13.	Judul	Induksi Maturasi Belut Sawah (<i>Monopterus albus</i>) dengan Hormon Human Chorionic Gonadotropin dan Antidopamin
	Penulis	Putra, <i>et al.</i> 2013
	Abstrak	Penelitian maturasi belut sawah (<i>Monopterus albus</i>) dengan <i>Hormone human Chorionic Gonadotropin</i> dan antidopamin dilakukan di Kolam Percobaan Babakan, Institut Pertanian Bogor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hormon hCG dan kombinasinya terhadap maturasi belut sawah. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen secara Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol (NaCl), hCG (dosis 20 IU/kg), antidopamin (AD) (dosis 0,01 mg/kg), dan hCG+AD (dosis 20 IU+0,01 mg/kg) dengan tujuh ulangan individu. Data dianalisis secara deskriptif dan ANOVA. Parameter uji pada penelitian ini di antaranya adalah konsentrasi estradiol 17 ² , gonado somatik index (GSI), hepatosomatik index (HSI), histologi gonad, tingkat kematangan gonad, diameter telur, tingkat kebuntingan, dan kualitas air (oksigen terlarut (DO)),



		pH, amoniak, dan temperatur). Hasil terbaik pada akhir penelitian ini adalah perlakuan hCG+AD dengan nilai konsentrasi estradiol-17 ² (13,63-95,49 pg/mL), GSI (1,25%), HSI (1,53%), TKG (IV), diameter telur (0,88 mm), dan tingkat kebuntingan (85,71%). Perlakuan kontrol dan antidopamin tidak berpengaruh dan hanya mampu mencapai tingkat kematangan gonad I. Hasil analisis parameter kualitas air adalah berkisar DO (5,32-5,58 mg/L), amoniak (0,558-0,978 mg/L), pH (6,06-6,36), dan suhu (27,80°C-27,94°C). Hasil ini menunjukkan bahwa hCG dapat menginduksi pematangan gonad belut sawah.
14.	Judul	Induksi pematangan gonad ikan gurami coklat (<i>Sphaerichthys oshromenoides</i> Canestrini, 1860) menggunakan pregnant mare serum gonadotropin dan antidopamin
	Penulis	Nur, <i>et al.</i> 2017
	Abstrak	Ikan gurami coklat (<i>Sphaerichthys oshromenoides</i> Canestrini, 1860) merupakan salah satu spesies ikan hias endemik perairan gambut dan memiliki potensi untuk dibudidayakan. Pada kondisi budidaya, berbagai faktor lingkungan yang berperan penting dalam menstimulasi perkembangan dan pematangan gonad hingga ovulasi dan pemijahan tidak mendukung aktivitas reproduksi beberapa spesies ikan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan dosis hormon yang efektif dapat merangsang pematangan gonad ikan gurami coklat. Hormon yang digunakan adalah "Oodev®" (tersusun atas <i>Pregnant Mare Serum Gonadotropin/PMMSG</i> dan antidopamin) yang diberikan menggunakan metode "topical gill". Ada tiga dosis Oodev® yang digunakan, yaitu: 0,02 mL; 0,04 mL; dan 0,06 mL; serta kontrol menggunakan NaCl 0,9% sebanyak 0,05 mL/g bobot badan ikan uji. Setiap perlakuan menggunakan 30 ekor induk betina ikan gurami coklat (panjang total: 4,1 ± 0,3 cm; bobot: 1,41 ± 0,17 g). Pemberian hormon dilakukan setiap minggu hingga minggu ke 7. Pada minggu ke-8 dilakukan pembedahan untuk pengambilan gonad. Parameter yang diamati adalah: jumlah induk matang gonad, indeks gonadosomatik (IGS), fekunditas, diameter oosit, kadar estradiol-17 ² dalam darah, dan tingkat kematangan gonad (TKG) ikan uji pada masing-masing perlakuan. Hasil penelitian enunjukkan bahwa perlakuan hormon dengan dosis 0,04 mL/g bobot badan menghasilkan perkembangan gonad ikan uji yang lebih baik dengan jumlah induk matang gonad mencapai 23 ekor (76,67%), nilai IGS sebesar 2,33 ± 1,24%; fekunditas sebesar 73,5 ± 26,2 butir; diameter oosit berkisar antara 1,0-1,8 mm; kadar estradiol-17 ² dalam darah



		sebesar $15,9 \pm 4,5$ pg/mL dengan tingkat kematangan gonad mencapai tahap IV.
15	Penulis	Comparative effect of human chorionic gonadotropin (HCG) and gonadotropin-releasing hormone agoist (GnRHa) treatments on the stimulation of male Senegalese sole (<i>Solea senegalensis</i>) reproduction
	Judul	Guzman, <i>et al.</i> 2011
	Abstrak	Budidaya sol Senegal (<i>Solea senegalensis</i>) dibatasi oleh kegagalan pemulian budidaya (generasi F1) untuk menghasilkan pemijahan yang dibuahi. Disfungsi krisis reproduksi telah diamati pada <i>breeder</i> budidaya Senegal betina dan jantan, termasuk juga pada aspek penurunan fekunditas dan produksi sperma. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas pengobatan hormonal yang berbeda pada reproduksi jantan. Pembudidaya Senegal jantan dirawat dengan 1) injeksi saline (kontrol), 2) injeksi <i>gonadotropin-releasing hormone agonist</i> (GnRHa) ($25 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$), 3) implan pelepasan lambat GnRHa ($40 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$) atau 4) injeksi <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG) (1000 IU kg^{-1}). Setiap kelompok jantan ditempatkan di tangki pemijahan terpisah bersama dengan betina yang diberi implan GnRHa. Ketiga perawatan hormonal meningkatkan kadar testosteron plasma (T) dan 11-ketotestosteron (11-KT) dan indeks gonadosomatik (GSI), dengan efek tertinggi yang diberikan oleh pengobatan hCG. Pemeriksaan histologi testis tidak menunjukkan efek injeksi GnRHa, tetapi stimulasi yang jelas dari proliferasi sel germinal dan pematangan testis oleh implan GnRHa dan injeksi hCG. Seperti yang diharapkan, implantasi GnRHa betina menginduksi pelepasan telur di semua tangki percobaan dan yang menarik, fekunditas betina meningkat dalam tangki yang mengandung jantan yang diobati dengan GnRHa atau hCG. Pemijahan yang dibuahi diperoleh hanya dari kelompok yang mengandung pejantan yang diberi hCG. Kesimpulannya, pengobatan hormonal merangsang steroidogenesis dan spermatogenesis pada pria Senegal tunggal, dengan efisiensi tertinggi dari pengobatan injeksi ganda hCG. Fekunditas betina dipengaruhi oleh perlakuan hormonal yang diterapkan pada jantan yang menyertainya, menunjukkan komunikasi feromon antara ikan. Namun, tidak ada satu pun perawatan yang tampaknya cukup untuk mengatasi masalah kurangnya pemijahan yang dibuahi pada induk tunggal Senegal yang dibudidayakan.
16.	Judul	Molecular and physiological study of the artificial maturation process in erupean eel males: From brain to testis
	Penulis	Penaranda, <i>et al.</i> 2010



	Abstrak	<p>Belut jantan Eropa dapat dimatangkan gonadnya secara artifisial (1,5 IU hCG / ikan), tetapi mekanisme pengaturan perkembangan reproduksinya secara praktis tidak diketahui. Penelitian ini menganalisis pada tahapan spermatogenik (S1-S6), karakter biometrik [indeks mata (EI), indeks gonadosomatik (GSI), indeks hepatosomatik (HSI)] dan parameter kualitas sperma (motilitas, viabilitas dan morfometri spermatozoa kepala). Selain itu, penelitian ini mengevaluasi ekspresi GnRHs (mamalia dan <i>Gonadotropin Release Hormone I</i>) dan gonadotropin (FSHβ dan LHβ) selama pengobatan hormonal, serta 11-ketotestosteron (11-KT) dan kadar plasma 17,20β-P. Dalam waktu satu minggu perkembangan S2 gonad sudah bisa diamati, tetapi perlu mencapai minggu ke-7 pengobatan untuk mendapatkan hasil yang memperlihatkan tahap pengembangan paling maju (S6). Regulasi diferensial dari dua ekspresi GnRH ditemukan dan mendukung peran utama mGnRH dalam mengontrol pelepasan gonadotrophin. Satu suntikan hCG cukup untuk menurunkan ekspresi FSHβ, mendekati nol selama sisa pengobatan. Ekspresi LHβ dan 17,20β-P mencatat peningkatan yang signifikan dalam tahap perkembangan yang sama, S3 / 4, menegaskan peran gonadotropin ini pada langkah terakhir pematangan dan 17,20β-P pada pematangan spermatozoa. 11-KT meningkat dengan GSI, dan nilai 11-KT tertinggi bertepatan dengan tahap lanjut spermatogenesis sebelum spermiasi. Lebih lanjut, penelitian ini mendukung peran 11-KT dalam merangsang pertumbuhan mata, yang menunjukkan nilai tinggi saat EI meningkat. Produksi sperma diperoleh dari minggu ke-4 pengobatan, tetapi pada minggu ke-8 terjadi peningkatan yang signifikan pada kualitas sperma [viabilitas, motilitas tinggi (> 75%)].</p>
17.	Juudul	<i>In vivo</i> induction of human chorionic gonadotropin by osmotic pump advances sexual maturation during pre-spawning phase in adult catfish
	Penulis	Muruganankumar, <i>et al.</i> 2016
	Abstrak	<p>Pematangan gonad adalah peristiwa penting dimana gonad mengalami perubahan morfologi dan fisiologis untuk menghasilkan gamet selama fase pemijahan di bawah pengaruh beberapa hormon dan faktor lainnya. Namun, induksi buatan dapat digunakan secara efektif untuk memajukan pematangan gonad vis-à-vis pemijahan seperti perilaku musiman selama musim <i>off-breeding</i>. Penelitian ini menggunakan pompa osmotik yang diisi dengan 5000 IU <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG) atau salin sebagai kontrol ditanamkan secara intraperitoneal selama 21 hari</p>



		<p>during the pre-spawning phase (May-June) in the eel <i>Clarias batrachus</i> and <i>C. gariepinus</i>. Increase in gonadosomatic index and sperm motility and sex steroid levels in eel given hCG have low estradiol-17β (E2) levels. Histological analysis of testes in eel given hCG shows a high density of sperm and/or spermatids in the lumen of the testis. In contrast, the control testis shows normal characteristics of the pre-spawning phase. In the retina, histological analysis shows a significant increase in postvitellogenic follicles of mature size as seen in the spawning phase. Consistent with this, the profile of sex steroid hormones is well correlated with the shift in steroidogenesis from E2 to 17α,20β-DP which indicates oocyte maturation. However, in the control ovaries of <i>C. batrachus</i>, oocytes are perinuclear and pre-vitellogenic in appearance. In addition, when compared to the control, the group given hCG shows a significant increase in the transcription of several genes related to gonad growth. Simultaneously, the induction of oocyte maturation with hCG is an effective strategy for advancing sexual maturation in eel.</p>
18.	Judul	Temperatur modulates testis steroidogenesis in European eel
	Penulis	Penaranda, <i>et al.</i> 2016
	Abstrak	<p>Studi ini mengevaluasi efek suhu pada spermatogenesis yang diinduksi hCG pada belut Eropa (<i>Anguilla anguilla</i>), yang dikenai tiga rezim termal: T10: 10°C (4 minggu pertama), 15°C (3 minggu berikutnya) dan 20°C (6 minggu terakhir); T15: 15°C (4 minggu pertama) dan 20°C (9 minggu terakhir); dan T20: konstan 20 ° C selama percobaan berlangsung. Pada 10°C, pematangan berhenti pada tahap spermatogonial A (SPG1), dan tidak ada pematangan lebih lanjut yang diamati sampai suhu $\geq 15^\circ\text{C}$. Sintesis awal androgen (T dan 11-KT) meningkat pada SPG1 dan tidak dipengaruhi oleh suhu. Begitu pula dengan ekspresi gen steroidogenic enzim yang terkait dengan sintesis androgen (aacyp11a1, aacyp17-l dan aa11βHSD) juga meningkat pada SPG1. Sebaliknya, tidak ada korelasi terlihat antara peningkatan E₂ dan puncak ekspresi gen aacyp19a1 di testis, dengan E₂ meningkat sebagai konsekuensi dari aklimasi air laut yang dilakukan sebelum pengobatan hormonal dan puncak ekspresi gen aacyp19a1 pada tahap B spermatogonial (SPG2). Ekspresi gen Aacyp21 juga lebih tinggi pada SPG2, dan tahap ini hanya dicapai jika suhu</p>



		<p>pemeliharaan $\geq 15^{\circ}\text{C}$. Kesimpulannya, sintesis androgen tidak bergantung pada suhu, tetapi pematangan lebih lanjut membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk menginduksi perubahan jalur steroidogenik menuju sintesis estrogen dan progesteron. Studi ini menunjukkan bahwa suhu memainkan peran penting dalam pematangan sidat Eropa, bahkan mungkin mengontrol perkembangan gonad selama migrasi reproduktif.</p>
19.	Judul	<p>Induction of oocyte development in previtellogenic eel, <i>Anguilla australis</i></p>
	Penulis	<p>Nguyen, <i>et al.</i> 2020</p>
	Abstrak	<p>Peran gonadotropin selama perkembangan awal ovarium pada ikan masih sedikit dipahami. Oleh karena itu, eksperimen mengenai konsentrasi gonadotropin secara <i>in vivo</i> dilakukan dengan penggunaan hormon perangsang folikel rekombinan (rec-Fsh) atau <i>human chorionic gonadotropin</i> (hCG), serta efeknya terhadap morfologi ovarium, kadar steroid seks dan kadar mRNA gen yang diekspresikan di hipofisis dan ovarium. Hormon disuntikkan tiga kali dalam interval mingguan dalam dosis yang berbeda (20, 100 atau 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan) untuk rec-Fsh dan hCG (20, 100 atau 500 IU/kg berat badan). Semua pengobatan, terutama pada dosis tertinggi baik rec-Fsh atau hCG, menginduksi perkembangan ovarium, tercermin dalam peningkatan ukuran oosit dan penyerapan lipid. Kedua hormon perangsang folikel yang diatur oleh gonadotropin reseptor (fshr) tingkat mRNA dan tingkat plasma estradiol-17β (E₂). Gonadotropin eksogen sebagian besar menurunkan ekspresi hormon perangsang folikel -subunit (fshb) dan memiliki sedikit efek pada luteinisasi. hormon -subunit (lhb) di hipofisis. Diusulkan bahwa efek hCG pada perkembangan ovarium pada sidat previtellogenic bisa tidak langsung karena peningkatan yang signifikan dalam kadar plasma 11-ketotestosteron (11-KT) ditemukan pada sidat yang diobati dengan hCG. Penggunaan rec-Fsh dan hCG berpotensi menginduksi pubertas pada belut di penangkaran, dan memang, pada ikan teleost pada umumnya.</p>
20.	Judul	<p>The expression of nuclear and membrane estrogen receptors in the European eel throughout spermatogenesis</p>
	Penulis	<p>Morini, <i>et al.</i> 2017</p>
	Abstrak	<p>Estradiol (E₂) dapat mengikat reseptor estrogen nuklir (ESR) atau reseptor estrogen membran (GPER). Sementara mamalia memiliki dua ESR nuklir dan satu GPER membran, belut Eropa, seperti kebanyakan teleost lainnya, memiliki tiga ESR nuklir dan dua GPER membran, sebagai hasil dari</p>



duplikasi genom khusus teleost. studi saat ini, ekspresi tiga ESR nuklir (ESR1, ESR2a dan ESR2b) dan dua membran GPER (GPERa dan GPERb) di sumbu otak-hipofisis-gonad (BPG) belut Eropa diukur, sepanjang spermatogenesis. Belut pertama kali dipindahkan dari air tawar (FW) ke air laut (SW), mendorong peningkatan paralel dalam plasma E2 tingkat dan ekspresi ESRs. Ini menunjukkan bahwa salinitas memiliki efek stimulasi pada jalur pensinyalan E2 sepanjang sumbu BPG. Stimulasi pematangan seksual dengan suntikan mingguan human chorionic gonadotropin (hCG) menginduksi penurunan progresif kadar plasma E2, dan pola ekspresi ESR dan GPER yang berbeda pada sumbu BPG. Ekspresi ESR nuklir meningkat di beberapa bagian otak, menunjukkan kemungkinan peningkatan regulasi karena produksi lokal E2. Di testis, tingkat ekspresi tertinggi dari ESR inti diamati pada awal spermatogenesis, mungkin memediasi peran E2 sebagai faktor pembaruan spermatogonia, diikuti oleh penurunan tajam dalam ekspresi ESR. Sebaliknya, ada peningkatan nyata yang diamati dalam ekspresi kedua GPER membran di seluruh spermatogenesis, menunjukkan bahwa mereka memainkan peran utama dalam tahap akhir spermatogenesis.