

Induksi pematangan gonad ikan sidat menggunakan PMSG, antidopamin, dan estradiol-17 β

Induction of gonadal maturation of eel using PMSG, antidopamine, and estradiol-17 β

Aprelia Martina Tomaso, Agus Oman Sudrajat*, Muhammad Zairin Junior

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680

*Surel: agusomans@yahoo.com

ABSTRACT

The study was aimed to induce gonadal maturation of eel *Anguilla bicolor bicolor* by hormonal treatment using *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG), antidopamine (AD), dan estradiol-17 β (E2). The research used complete randomized design with five hormone combination treatments consisted of PK (NaCl 0.95%) as control, P10A (PMSG 10 IU + AD 10 ppm), P20A (PMSG 20 IU + AD 10 ppm), P10BE (PMSG 10 IU + AD 10 ppm + E2 150 μ g), and P20BE (PMSG 20 IU + AD 10 ppm + E2 150 μ g), with three individual replications for each treatment. Hormonal induction was applied through intramuscular injection weekly during eight weeks at initial body weight of 200 g. The result showed that P10BE treatment has obtained highest level on E2 (0.43 ng/mL), FSH (2.68 mIU/mL) has increased in week-4 and level on T (1.2 ng/mL), LH (2.80 mIU/mL) has increased in week-8. P10BE has affected spermatogenesis and the increased of GSI (2.46%) in fourth and sixth week compared to PK (1.28%), P10A (1.58%), P20A (1.34%), and P20BE (2.12%). In conclusion, combination of PMSG, AD, and E2 hormones could stimulate the gonadal maturation of eel at the size of 200 g into male.

Keywords: *Anguilla bicolor bicolor*, gonadal growth, hormone, maturation

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menginduksi pematangan gonad ikan sidat *Anguilla bicolor bicolor* secara hormonal dengan menggunakan *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG), antidopamin (AD), dan estradiol-17 β (E2). 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 + E2 150 μ g), dan P20BE (PMSG 10 IU+AD 10 ppm+E2 150 μ g), dengan tiga ulangan individu pada masing-masing perlakuan. Induksi hormonal dilakukan dengan metode penyuntikan 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 E2 (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 E2 dapat merangsang perkembangan dan mempercepat pematangan gonad ikan sidat ukuran 200 g menjadi jantan.

Kata kunci: *Anguilla bicolor bicolor*, pertumbuhan gonad, hormon, maturasi

PENDAHULUAN

Perikanan dan kelautan Indonesia memiliki potensi sumberdaya yang sangat besar untuk dikembangkan. Salah satunya adalah ikan sidat *Anguilla* sp. atau yang lebih dikenal dengan *eel*.

Di dunia ada 18 jenis ikan sidat (Inoue *et al.*, 2010), tujuh jenis di antaranya ada di perairan Indonesia dan diduga nenek moyang ikan sidat di dunia berasal dari Indonesia yaitu *A. borneensis* yang mendiami di sepanjang sungai di Poso. Tingkat konsumsi sidat di Indonesia masih

rendah bahkan belum secara umum dikonsumsi, sedangkan di negara-negara maju sidat menjadi makanan yang sangat primadona. Kebutuhan sidat di pasar dunia mencapai 300.000 ton/tahun dari total tersebut pasar Jepang membutuhkan sebanyak 60.000–120.000 ton/tahun (Kagawa *et al.*, 2006).

Permintaan ekspor ikan sidat terus meningkat sehingga harga jualnya juga tinggi. Persaingan pasar internasional di antaranya; Jepang, Hongkong, Belanda, Jerman, Italia, dan beberapa negara lainnya sangat besar sehingga ikan ini merupakan komoditas ekspor yang tinggi (Affandi, 2005). Harga sidat di Eropa dan Tiongkok dapat mencapai € 440–950/kg, sedangkan di Amerika harga tertinggi US\$ 250/kg (Crook, 2010). Harga jual ikan sidat hidup pasar domestik di Indonesia khususnya untuk *A. bicolor bicolor* berkisar antara Rp 150.000–180.000,-/kg. Harga jual benih sidat (*glass eel*) di pasar lokal berkisar antara Rp 300.000–600.000,-/kg. Pengolahan sidat (*filet*) di pasar lokal seharga Rp 300.000,-/kg dan diekspor seharga Rp 500.000,-/kg. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia berpeluang menjadi negara pemasok sidat ke pasar internasional, baik untuk ukuran konsumsi, benih maupun olahan.

Salah satu masalah yang ditemui sampai saat ini adalah pasokan benih ikan sidat di dunia masih mengandalkan penangkapan dari alam (Tanaka, 2006). Penyediaan benih memiliki keterbatasan yang disebabkan oleh musim, peredaran bulan dan kondisi lokal lainnya seperti kualitas air sungai. Kualitas air sungai yang semakin menurun menyebabkan jumlah benih ikan sidat yang masuk ke perairan tawar semakin sedikit. Selain itu, penangkapan liar di alam dilakukan secara besar-besaran tanpa memperhatikan keseimbangan populasi yang ada. Upaya yang dilakukan untuk menghindari kelangkaan benih dan kepunahan ikan sidat yaitu perlu diterapkan upaya memproduksi benih yang berkelanjutan secara tepat.

Kegiatan produksi benih tentunya membutuhkan induk yang matang gonad. Ikan sidat tergolong ikan yang bersifat hemaprodit protandri yang awalnya berjenis kelamin jantan kemudian berubah menjadi betina. Perubahan jenis kelamin ini dipengaruhi oleh kinerja hormon. Secara genetik, hormon mengatur hermaproditisme pada ikan tetapi kinerja hormon yang memengaruhi pembentukan gonad yang dipengaruhi oleh berbagai faktor dari dalam dan luar seperti kadar hormon serta kondisi lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa induksi

hormon efektif dalam memanipulasi reproduksi agar bisa matang gonad.

Secara alamiah, populasi ikan sidat cenderung didominasi oleh betina, *A. bicolor bicolor* (Arai *et al.*, 2011), *A. japonica* dan *A. anguilla* (Melia *et al.*, 2006). Kearney *et al.* (2011) menambahkan bahwa sidat yang dibudidayakan lebih berpotensi menjadi sidat jantan. Kenyataannya kondisi lingkungan dan stres memicu efek maskulinisasi (Fernandino *et al.*, 2013). Manipulasi hormon sudah banyak dilakukan dengan memberikan substansi hormon ke dalam tubuh ikan dilakukan secara oral, penyuntikan maupun implantasi untuk merangsang proses pematangan gonad dan pemijahan. Salah satu hormon yang berperan dalam proses pematangan gonad yaitu PMSG (Kazeto *et al.*, 2008) sehingga kombinasi hormon PMSG, AD, dan E2 diharapkan dapat memberikan hasil yang optimal pada pematangan gonad ikan sidat. Penelitian ini bertujuan menginduksi pematangan gonad ikan sidat ukuran 200 g secara hormonal, menentukan status kelamin dan menentukan kombinasi hormon yang paling efektif untuk menginduksi pematangan gonad ikan sidat.

BAHAN DAN METODE

Bahan uji

Penelitian ini menggunakan ikan sidat *A. bicolor bicolor* dengan bobot 200 g sebanyak 120 ekor. Hormon yang digunakan sebagai perlakuan adalah PMSG, AD, dan E2. Pakan yang diberikan menggunakan pakan komersial (KPA 5) dengan persentase kandungan protein 45%.

Rancangan penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan kombinasi hormon (Tabel 1), masing-masing dengan tiga ulangan individu.

Proses aklimatisasi

Ikan yang telah diangkut dari pembudidaya dimasukkan secara perlahan ke dalam bak yang berisi air tawar setinggi 50 cm untuk proses aklimatisasi awal. Selama proses ini berlangsung ikan dipuasakan selama 24 jam kemudian pakan diberikan secara sekenyangnya. Setelah tiga hari dilakukan adaptasi air laut. Air laut dialirkan secara bertahap hingga salinitasnya mencapai 30 ppt. Penggunaan air laut pada saat pemeliharaan diduga dapat merangsang percepatan pematangan gonad (Matsubara *et al.*, 2008).

Tahapan percobaan

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu ikan ditebar ke dalam hapa sesuai dengan perlakuan, masing-masing 24 ekor. Bak dilengkapi dengan aerasi dan instalasi sirkulasi air dan ditutup menggunakan plastik hitam agar ikan tidak melompat ke luar bak. Manajemen air dan pakan dilakukan setiap dua hari sekali pada pagi hari melalui proses penyifonan sisa pakan dan feses ikan yang ada di dasar bak sebelum pemberian pakan. Pakan diberikan menggunakan *feeding rate* sebesar 3% dari bobot tubuh ikan pada waktu pagi dan sore hari dengan pemberian masing-masing 25% dan 75%.

Tahapan pembiusan, pengukuran bobot, dan penyuntikan. Sebelum disuntik ikan dibius menggunakan *stabilizer* Arowana dengan dosis 1 mL dalam 0,5 L air selama tiga menit. Sementara ikan pingsan dilakukan pengukuran bobot tubuh, setelah itu ikan disuntik secara intramuskular dengan hormon yang ditentukan sesuai perlakuan dan dosisnya. Ikan disuntik sebanyak satu kali seminggu sebanyak delapan kali dalam delapan minggu. Ikan yang telah disuntik dimasukkan ke dalam wadah dengan aerasi yang kuat selama lima sampai sepuluh menit. Setelah sadar, ikan kemudian dimasukkan kembali ke dalam wadah penelitian.

Proses pengambilan sampel yaitu darah dan gonad ikan yang telah dibius diambil darahnya pada bagian pangkal ekor sebanyak 1 mL dengan menggunakan *syringe* 1 mL yang telah diberi antikoagulan 0,5 mL kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro volume 1,5 mL dan

disimpan dalam kotak pendingin. Darah dalam tabung mikro disentrifugasi pada kecepatan 5.000 rpm selama lima sampai sepuluh menit dan kemudian diambil bagian supernatannya. Pengambilan sampel darah dilakukan tiga kali; minggu awal (minggu ke-0), minggu tengah (minggu keempat) dan minggu akhir penelitian (minggu kedelapan). Sampel gonad ikan diambil dari tiga ekor/perlakuan. Bobot tubuh ditimbang, gonad diambil kemudian ditimbang. Pengambilan sampel gonad dilakukan tiap dua minggu sekali. Untuk sampel gonad dimasukkan dalam botol film yang berisi larutan *buffer neutral formalin* (BNF) sebelum dilakukan histologi. Pengamatan histologi dilakukan menurut prosedur Tanja *et al.* (2010).

Analisis kadar hormon dilakukan sebanyak tiga kali pada minggu awal (minggu ke-0), minggu pertengahan (minggu keempat) dan minggu akhir penelitian (minggu kedelapan) dengan metode ELISA (*enzyme linked immunosorbent assay*) dengan ELISA kit DGR EIA 1559 untuk kadar T, DGR EIA 2693 untuk kadar E₂, DGR EIA 1288 untuk kadar FSH dan DGR EIA 1289 untuk kadar LH. Pengukuran kualitas air selama penelitian dilakukan setiap minggu. Hasil pengukuran kualitas air pemeliharaan ikan sidat dapat dilihat pada Tabel 2.

Analisis data

Data nilai GSI dan bobot tubuh ikan sidat selama masa pemeliharaan diuji menggunakan analisis sidik ragam ANOVA dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Hasil penelitian analisis kadar

Tabel 1. Kombinasi perlakuan dan dosis hormon

| No | Perlakuan | Dosis | Kode |
|----|------------|--------------------------|-------|
| 1. | Kontrol | Larutan fisiologis 0,95% | PK |
| 2. | PMSG+AD | 10 IU + 10 ppm | P10A |
| 3. | PMSG+AD | 20 IU + 10 ppm | P20A |
| 4. | PMSG+AD+E2 | 10 IU + 10 ppm + 150 µg | P10BE |
| 5. | PMSG+AD+E2 | 20 IU + 10 ppm + 150 µg | P20BE |

Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin), dan E2 (estradiol-17β).

Tabel 2. Pengukuran kualitas air

| No | Parameter | Satuan | Hasil pengukuran | Batas optimum |
|----|-----------|--------|------------------|---------------|
| 1. | DO | mg/L | 4,1–6,5 | > 3 |
| 2. | pH | | 6,6–6,8 | 6–7 |
| 3. | Suhu | °C | 27–29 | 32 |
| 4. | Salinitas | ppt | 29–30 | 30–35 |

Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin), dan E2 (estradiol-17β).

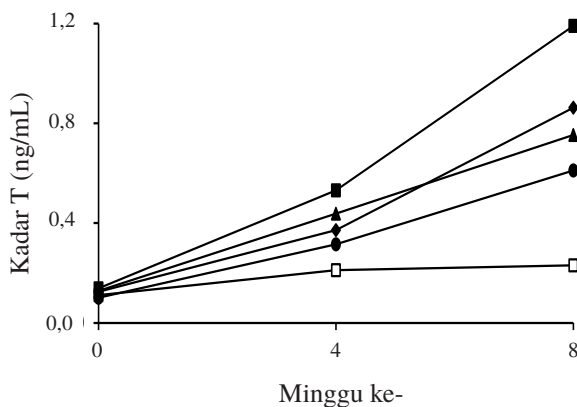
hormon (T, E₂, FSH, dan LH) dalam plasma darah, pengamatan morfologi, dan histologi gonad dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar testosteron

Kadar T dalam plasma darah sidat hasil induksi hormonal selama penelitian disajikan pada Gambar 1. Kadar hormon T plasma darah ikan sidat hasil induksi hormonal selama penelitian menunjukkan semakin meningkat hingga akhir masa perlakuan (Gambar 1). Kadar T tertinggi terdapat pada sampling minggu kedelapan perlakuan P10BE (1,2 ng/mL) secara berturut-turut perlakuan P20BE (0,9 ng/mL), P10A (0,8 ng/mL), P20A (0,6 ng/mL), dan PK (0,2 ng/mL). Peningkatan kadar T mengindikasikan gonad ikan sidat mengarah pada perkembangan dan pematangan gonad jantan (testis). Kadar T hingga minggu kedelapan tidak menurun menandakan tidak ada konversi yang diduga adanya umpan balik dari E2.

Menurut Nakamura (2013), testosteron merupakan hormon utama yang berperan dalam sistem reproduksi jantan, umumnya hormon ini berfungsi untuk merangsang pertumbuhan spermatogonium, perkembangan spermatosit dan diferensiasi spermatosit menjadi sperma. Testosteron berperan utama dalam proses spermatogenesis. Secara alamiah T akan diubah menjadi E2. E2 juga berperan selama proses spermatogenesis pada *A. japonica*, yaitu dengan



Gambar 1. Kadar testosteron (T) plasma darah sidat pada perlakuan penyuntikan: NaCl 0,95% (PK, \square), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P10A, \blacktriangle), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P20A, \bullet), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P10BE, \blacksquare), dan 20 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P20BE, \blacklozenge). Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin) dan E2 (estradiol-17β).

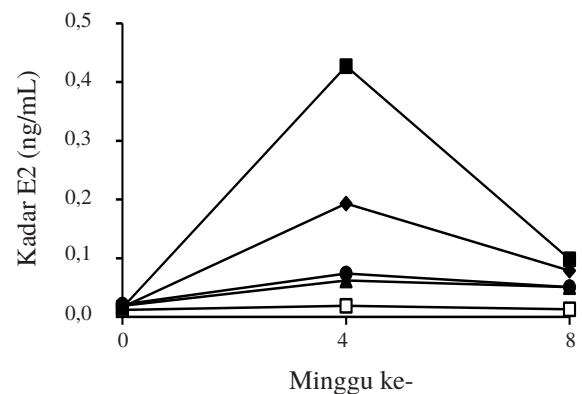
merangsang aktivitas sel sertoli menyalurkan energi selama proses spermatogenesis dan melindungi sel germinal (Higuchi *et al.*, 2012). Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar T plasma darah maka status sel testis semakin matang dan diduga pematangan gonad sidat masih terus berkembang.

Kadar estradiol-17β

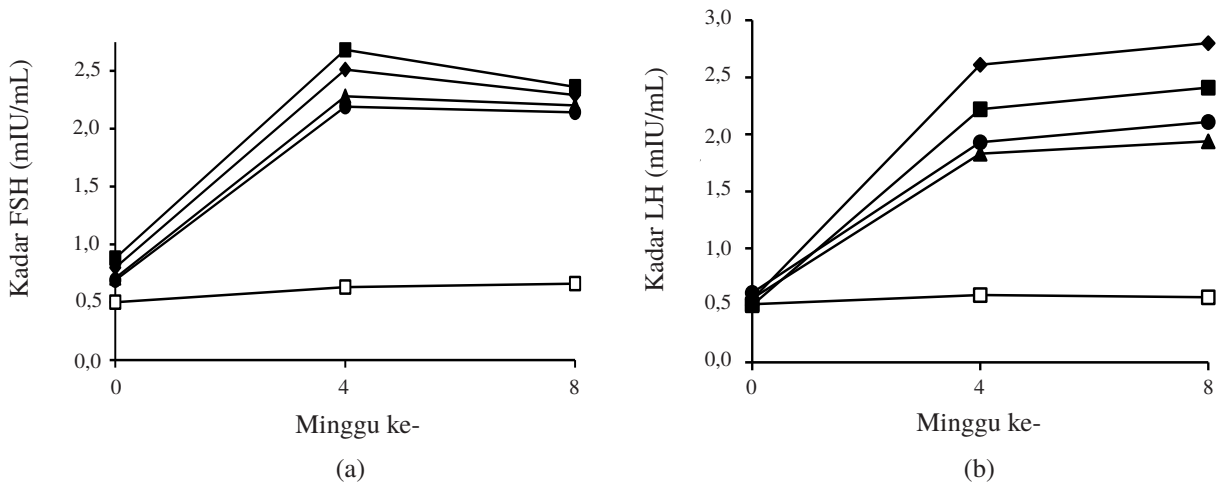
Kadar E2 dalam plasma darah sidat hasil induksi hormonal selama penelitian disajikan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi dengan hormon E2 menunjukkan peningkatan kadar E2 lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yang cenderung datar yang artinya secara alamiah tidak ada konversi dari testosteron.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar E2 selama penelitian mengalami peningkatan pada minggu keempat untuk semua perlakuan kecuali PK. Kadar E2 tertinggi terdapat pada perlakuan P10BE (0,43 ng/mL) secara berturut-turut perlakuan P20BE (0,19 ng/mL), P20A (0,07 ng/mL), P10A (0,06 ng/mL), dan PK (0,02 ng/mL). Peningkatan rata-rata kadar E2 terjadi pada minggu keempat untuk semua perlakuan, dan menurun pada minggu kedelapan untuk semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pada penyuntikan keempat gonad ikan sidat mengalami perkembangan oleh rangsangan hormonal. Kadar E2 yang menurun disebabkan oleh proses *clearance*, yaitu pembersihan dari dalam tubuh.

Berdasarkan fungsinya, hormon E2 mengatur



Gambar 2. Kadar estradiol-17β (E2) plasma darah sidat pada perlakuan penyuntikan: NaCl 0,95% (PK, \square), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P10A, \blacktriangle), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P20A, \bullet), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P10BE, \blacksquare), dan 20 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P20BE, \blacklozenge). Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin), dan E2 (estradiol-17β).



Gambar 3. Kadar (a) FSH dan (b) LH plasma darah sidat perlakuan penyuntikan: NaCl 0,95% (PK, \square), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P10A, \blacktriangle), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P20A, \bullet), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P10BE, \blacksquare), dan 20 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P20BE, \blacklozenge). Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (*antidopamin*) dan E2 (*estradiol-17 β*).

sifat feminisasi dan terekspresi secara morfologi pada betina, serta memegang peranan penting untuk mengontrol kadar estrogenik (Berg *et al.*, 2004). Beberapa penelitian telah membuktikan E2 berperan merangsang vitelogenesis (Singh *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2010) namun dalam penelitian ini semua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan jenis kelamin ikan sidat menjadi betina. Perlakuan yang tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan kelamin tersebut diperkirakan oleh dosis hormon E2 yang rendah dan waktu penyuntikan yang singkat.

Kadar hormon perangsang folikel dan hormon lutein

Kadar FSH dan LH dalam plasma darah sidat hasil induksi hormonal selama penelitian disajikan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar FSH dan LH secara jelas meningkat pada minggu keempat namun pada minggu kedelapan kadar FSH menurun, sedangkan kadar LH terus meningkat untuk semua perlakuan kecuali kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar FSH tertinggi minggu keempat pada perlakuan P10BE (2,68 mIU/mL) dibandingkan dengan perlakuan P10A (2,28 mIU/mL), P20A (2,19 mIU/mL), P20BE (2,51 mIU/mL) dan PK (0,63 mIU/mL). Hasil kadar LH tertinggi minggu kedelapan pada perlakuan P10BE (2,80 mIU/mL) dibandingkan dengan P10A (2,11 mIU/mL), P20A (1,94 mIU/mL), P20BE (2,41 mIU/mL) dan PK (0,61 mIU/mL). Untuk kadar LH menunjukkan hasil yang meningkat dari minggu awal sampai minggu kedelapan dibandingkan dengan kadar FSH yang menurun pada minggu kedelapan, meskipun

kedua hormon ini meningkat pada minggu keempat.

FSH dan LH merupakan hormon gonadotropin yang bertugas untuk merangsang pertumbuhan dan aktivitas gonad ikan. Proses pematangan gonad pada ikan melibatkan dua macam hormon gonadotropin yang dihasilkan oleh adenohipofisis, yaitu FSH berperan merangsang perkembangan folikel melalui sekresi E2 dan LH berperan dalam pematangan akhir.

Hormon FSH dan LH akan disekresikan oleh kelenjar pituitari untuk mengatur reproduksi, meningkatnya kadar hormon ini dalam plasma darah mengindikasikan bahwa ikan sidat terinduksi untuk melakukan reproduksi dalam proses perkembangan dan pematangan gonad. FSH dan LH merupakan hormon yang disintesis di kelenjar pituitari dengan organ target yaitu gonad. Di gonad, FSH akan merangsang dan meningkatkan aktivitas dari sel sertoli, mengatur nutrisi yang dibutuhkan gonad dan mendukung perkembangan sel germinal selama terjadinya proses gametogenesis. Setelah folikel berkembang dan mengaktifkan spermatogenesis, LH akan mengatur produksi steroid di gonad untuk mendukung penyusunan spermatogonia hingga spermiasi.

Hormon FSH dan LH meningkat secara nyata di minggu keempat dan efek dari meningkatnya hormon ini terjadi percepatan pertumbuhan folikel. Dengan terjadinya pertumbuhan folikel karena rangsangan FSH, maka gonad akan dirangsang untuk mensintesis E2 dan kadarnya juga meningkat pada minggu keempat (Gambar 2). Meningkatnya E2 memberikan umpan balik

positif terhadap poros hypothalamus untuk menyintesis LH. Hal ini terbukti dengan semakin meningkatnya kadar LH dan T, namun kontras dengan kadar E2 dan FSH yang terus menurun setelah meningkat pada minggu keempat. Dengan demikian dapat dikatakan kadar FSH yang menurun membuktikan bahwa fungsi FSH telah terpakai, sedangkan kadar LH yang terus meningkat membuktikan fungsi LH secara keseluruhan belum terpakai sehingga proses spermiasi belum mencapai fase pematangan akhir.

Pada penelitian ini diduga FSH dan LH turut membantu sintesis T endogen ikan sidat. Menurut penelitian Wu *et al.* (2011) menyatakan FSH berperan dalam proses perkembangan gonad, sedangkan LH berperan pada proses pematangan dan ovulasi. Kadar FSH yang cenderung sama atau stabil dan tingginya LH berperan efektif merangsang spermiogenesis selama pertumbuhan gonad jantan. Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Miura dan Miura (2011) yaitu LH lebih berperan dalam fungsi mengatur pematangan gonad akhir dibandingkan dengan FSH.

Indeks gonadosoatik (GSI)

Nilai GSI sidat selama penelitian ditampilkan pada Gambar 4. Nilai GSI menunjukkan secara kuantitatif perubahan gonad pada saat terjadi perkembangan gonad dalam proses reproduksi dan akan mencapai nilai maksimum pada saat akan terjadinya proses pemijahan. Nilai GSI merupakan nilai perbandingan antara bobot gonad dan bobot tubuh. Dengan demikian, pertumbuhan gonad sejalan dengan meningkatnya nilai GSI dan akan mencapai maksimal saat proses pemijahan. Nilai GSI sidat pada delapan minggu penyuntikan menghasilkan persentase peningkatan pada minggu keenam dan menurun pada minggu kedelapan. Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai GSI yang tertinggi pada perlakuan P10BE (2,46%) dibandingkan dengan perlakuan P20BE (2,12%), P10A (1,58%), P20A (1,34%) dan PK (1,28%). Hal ini membuktikan bahwa perlakuan P10BE memiliki nilai tertinggi di mana sebanding dengan pertambahan bobot tubuh sidat pada kelompok perlakuan yang sama.

Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan hormon memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai GSI sidat pada delapan minggu penyuntikan. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan P10BE (2,46%) berbeda nyata dengan perlakuan PK

(1,28%), P10A (1,58%), P20A (1,34%) dan tidak berbeda dengan P20BE (2,09%). Peningkatan nilai GSI mengindikasikan terjadinya proses perkembangan gonad selama penelitian. Proses perkembangan gonad sebagian besar tertuju oleh aktivitas metabolisme.

Perkembangan bobot gonad pada stadium matang dapat mencapai 10–25% dari bobot tubuh. Seiring dengan pertambahan bobot tubuh maka bobot gonad juga meningkat, hal ini disebabkan oleh rangsangan hormon yang efektif pada perkembangan gonad. Nilai GSI dalam penelitian ini berkisar antara 1,13–2,46% dapat dikatakan masih kecil persentasenya. Kadar testosteron yang tinggi mengakibatkan gonad ikan sidat menjadi testis matang. Penelitian yang membuktikan peningkatan nilai GSI dilakukan oleh Rovara *et al.* (2008) pada *A. bicolor bicolor* ukuran ≥ 600 g dengan penyuntikan CPE menghasilkan GSI sebesar 3,37%, pada sidat liar fase *silver eel* nilai GSI mencapai 2,88% (Rachmawati & Susilo, 2012).

Morfologi gonad

Hasil gambaran morfologi gonad ikan sidat berdasarkan kondisi gonad selama penelitian minggu awal dan minggu kedelapan disajikan pada Gambar 5. Gambaran morfologi gonad ikan sidat minggu awal dalam Gambar 5A menunjukkan gonad pada awalnya sama, belum terlihat dengan jelas, hanya berupa seperti benang tipis transparan yang diselimuti oleh lapisan lemak. Gonad sidat pada minggu awal belum terbentuk dengan jelas sisi gonad bagian kiri dan kanan. Gonad ikan sidat minggu kedelapan dalam Gambar 5B menunjukkan testis yang telah berkembang, sudah terlihat dengan jelas pada bagian sisi kiri dan kanan yang biasanya melekat pada dinding ventral bagian atas. Gonad ikan sidat minggu kedelapan terlihat berwarna putih susu pekat, semakin tebal dan lebih menggelambir. Gonad pada perlakuan lebih berkembang dan besar dibandingkan gonad kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh kombinasi hormon yang diberikan sehingga adanya pertumbuhan dan perkembangan gonad ikan sidat sebelum penyuntikan (minggu awal) dan sesudah penyuntikan (minggu kedelapan). Perkembangan gonad ikan sidat secara morfologi sejalan dengan kadar testosteron yang semakin meningkat (Gambar 1).

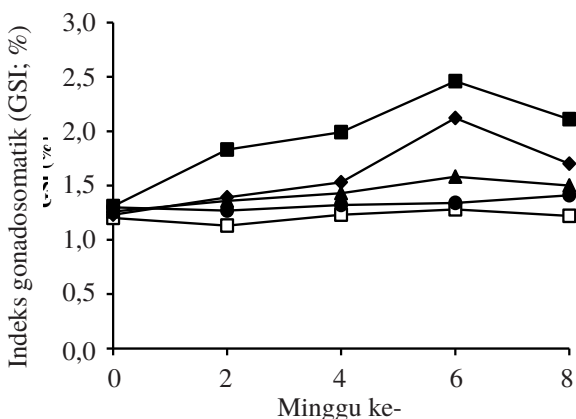
Pada umumnya, T akan dikonversi menjadi E2 dengan bantuan enzim aromatase. Dalam penelitian ini, E2 eksogenus yang diinduksi

ke ikan sidat nyatanya menekan E2 endogenus ikan sidat sehingga E2 tidak terkonversi dengan baik. Oleh karena itu, terjadi penumpukan pada T, sehingga ikan sidat menjadi jantan. Pada Gambar 5 menunjukkan dengan jelas morfologi gonad jantan (testis) ikan sidat. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran kadar T (Gambar 1) yang terus meningkat sampai akhir penelitian.

Menurut Beullens (1997), morfologi gonad sidat tidak mempunyai ukuran yang sama, namun pada bagian sebelah kanan lebih memanjang ke depan (satu cm pada sidat berukuran 30 cm) dan yang kiri lebih ke arah posterior (dua cm di belakang anus sidat berukuran 30 cm). Dari Gambar 5B khususnya bagian (d) dapat dilihat bahwa gonad sidat bagian atas (kiri) lebih panjang daripada sebelah bawah (kanan). Gonad kiri lebih panjang sekitar 2–3%. Selain lebih panjang, gonad sidat sebelah kiri lebih berat dan mengandung lebih banyak sel gamet dibandingkan gonad sebelah kanan.

Histologi gonad

Hasil histologi gonad ikan sidat selama penelitian disajikan pada Gambar 6, terlihat perkembangan gonad dari minggu awal dan minggu kedelapan pada masing-masing perlakuan. Gonad ikan sidat yang telah berkembang dan bertumbuh akan dihistologi untuk melihat sejauh mana fase tingkat perkembangan atau pematangan gonad sidat. Hasil uji histologi pada Gambar 6 menunjukkan bahwa gonad sidat berkelamin jantan (testis) dan terlihat perbedaan antara histologi gonad sidat sebelum penyuntikan



Gambar 4. Nilai GSI ikan sidat pada perlakuan penyuntikan: NaCl 0,95% (PK, \square), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P10A, \blacktriangle), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P20A, \bullet), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P10BE, \blacksquare), dan 20 IU PMSG+10 ppm AD+150 µg E2 (P20BE, \blacklozenge). Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (*antidopamin*), dan E2 (*estradiol-17 β*).

(Gambar 6A) dan setelah penyuntikan (Gambar 6B). Gambar 6 menunjukkan bahwa induksi hormonal memberikan hasil gonad sidat minggu kedelapan lebih berkembang dibandingkan dengan gonad sidat minggu awal. Gambar 6B menunjukkan perkembangan gonad ikan sidat yang normal.

Berdasarkan klasifikasi perkembangan gonad dan tingkat kematangan gonad menurut Miura dan Miura (2011) gonad sidat minggu awal terlihat bahwa gonad sidat untuk semua kelompok perlakuan berada pada fase spermatogonia tipe A (TKG I), di mana terdapat perkembangan inti sel yang diselimuti oleh kapsul-kapsul atau tubulus seminiferous dan gonad sidat minggu kedelapan menunjukkan fase yang berbeda antara kelompok perlakuan. Histologi P10A dan P20BE menunjukkan fase spermatosit (TKG II). Pada fase spermatosit, tubulus seminiferous mulai melepaskan inti sel dan inti sel yang terdapat dalam tubulus mulai ada yang menyatu. Pada P20A terlihat fase spermatogonia tipe B (TKG



(a)



(b)

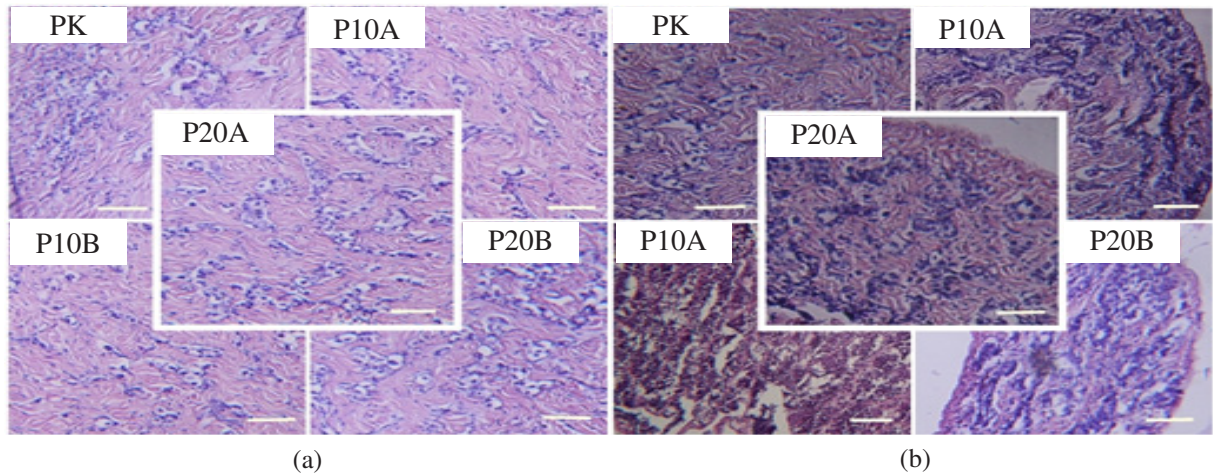


(c)



(d)

Gambar 5. Morfologi gonad ikan sidat (a) PK minggu ke-0, (b) P10BE minggu awal, (c) PK minggu kedelapan dan (d) P10BE minggu kedelapan. Keterangan: PK (NaCl 0,95%) dan P10BE (10 IU PMSG + 10 ppm AD + 150 µg E2). Skala bar = 20 µm. PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (*antidopamin*), dan E2 (*estradiol-17 β*).



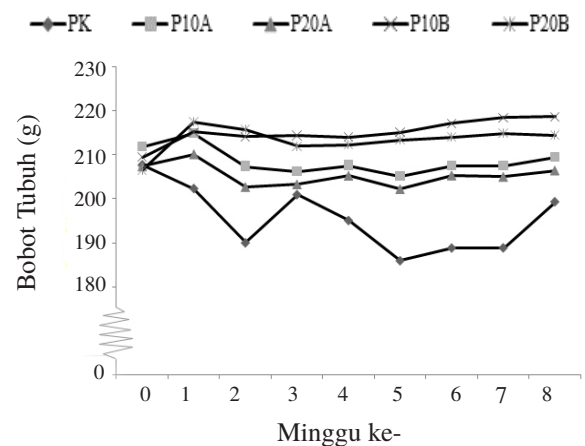
Gambar 6. Histologi gonad ikan sidat: A. minggu awal dan B. minggu kedelapan. PK (NaCl 0,95%), P10A (10 IU PMSG + 10 ppm AD), P20A (10 IU PMSG + 10 ppm AD), P10BE (10 IU PMSG + 10 ppm AD + 150 μ g E2), dan P20BE (20 IU PMSG + 10 ppm AD + 150 μ g E2). PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin), dan E2 (estradiol-17 β). Pewarnaan Hematoksilin-Eosin. Skala bar = 20 μ m. Pembesaran 100 kali.

I), di mana inti sel yang terdapat dalam tubulus seminiferus mulai mengecil, berwarna sedikit gelap, dan semakin memadati ruang pada tubulus. Tubulus seminiferus pada tahap perkembangan spermatogonia berwarna merah muda dan masih banyak terdapat rongga atau seperti ruang kosong pada jaringannya. Pada P10BE menunjukkan fase spermatid (TKG III), pada fase ini tubulus seminiferous berwarna transparan membentuk garis tipis yang di dalamnya terdapat inti sel yang mulai memadati permukaan jaringan dengan merata.

Bobot tubuh sidat

Pengamatan terhadap bobot tubuh ikan sidat selama penelitian disajikan pada Gambar 7 yang menunjukkan bahwa terjadi penambahan bobot tubuh pada semua perlakuan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada Gambar 7 dapat terlihat interaksi antara pengaruh perlakuan terhadap penambahan bobot tubuh ikan sidat selama penelitian. Bobot tubuh ikan sidat pada awalnya menggunakan kisaran ukuran yang sama. Setelah dilakukan penyuntikan dan sampling, maka penambahan bobot ikan sidat PK cenderung naik turun, tetapi pada perlakuan bobot tubuh meningkat.

Semua perlakuan hormon pada penelitian ini memberi pengaruh positif kecuali perlakuan PK terhadap penambahan bobot tubuh sidat. Hal ini diduga ikan pada PK mengalami stres (kondisi fisiologi) sehingga mengganggu nafsu makan. Pertambahan bobot tubuh sidat yang tinggi terlihat pada perlakuan kombinasi dengan E2. Bobot tubuh tertinggi terdapat pada perlakuan P10BE (218,5 g) secara berturut-turut perlakuan



Gambar 7. Bobot tubuh ikan sidat. NaCl 0,95% (PK, —●—), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P10A, —■—), 10 IU PMSG+10 ppm AD (P20A, —▲—), 10 IU PMSG+10 ppm AD+150 μ g E2 (P10BE, —×—), dan 20 IU PMSG+10 ppm AD+150 μ g E2 (P20BE, —◆—). Keterangan: PMSG (*pregnant mare serum gonadotropin*), AD (antidopamin), dan E2 (estradiol-17 β). Huruf yang berbeda pada grafik menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

P20BE (214,4 g), P10A (209,4 g), P20A (206,3 g) dan PK (199,3 g) pada minggu kedelapan. Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan hormon memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap bobot tubuh sidat selama delapan minggu penyuntikan. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan P10BE tidak berbeda nyata dengan perlakuan P20BE tetapi berbeda nyata dengan PK, P10A, dan P20A.

Pengaruh positif dari perlakuan hormon yang diinduksi kepada sidat menyebabkan gonad ikut berkembang sehingga bobot tubuh juga meningkat. Perlakuan kombinasi dengan E2 memberikan bobot tubuh yang semakin besar,

yang hal ini disebabkan karena E2 bersifat anabolik yang mampu meningkatkan nafsu makan sidat sehingga terjadi peningkatan bobot tubuh. Selain itu, penambahan bobot tubuh sidat juga dipengaruhi oleh pemberian pakan dengan kadar protein yang tinggi sehingga kebutuhan nutrisi dan energinya terpenuhi dengan baik. Bobot tubuh memiliki hubungan erat dengan pematangan gonad (Arai *et al.*, 2011). Proses perkembangan gonad juga akan berdampak pada konsumsi energi sehingga membutuhkan energi yang makin banyak untuk pembentukan sel gamet pada calon induk akan memengaruhi penambahan bobot ikan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khara *et al.* (2013) menggunakan 50 mg E2/kg pakan memberi pengaruh pada bobot tubuh dan perkembangan gonad yang menghasilkan bobot tubuh akhir sebesar 80 g, nilai GSI 10,11% dan HSI 4,97% selama 210 hari.

KESIMPULAN

Kombinasi hormon PMSG 10 IU/kg bobot ikan + antidopamin 10 ppm/kg bobot ikan + estradiol-17 β 150 μ g/kg bobot ikan menginduksi pematangan gonad ikan sidat jantan berukuran 200 g dalam waktu delapan minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi R. 2005. Strategi pemanfaatan sumberdaya ikan sidat *Anguilla* spp. di Indonesia. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 5: 77–81.
- Arai T, Chino N, Zulkifli SZ, Ismail A. 2011. Age at maturation of a tropical eel *Anguilla bicolor bicolor* in Peninsular Malaysia, Malaysia. *Malaysian Applied Biology* 40: 51–54.
- Berg H, Modig C, Olsson PE. 2004. 17 β -estradiol induced vitellogenesis is inhibited by cortisol at the post-transcriptional level in Arctic char *Salvelinus alpinus*. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2: 1–10.
- Beullens K, Eding EH, Gilson P, Oliver F, Komen J, Richter CJJ. 1997. Sex differentiation, change in length, weight and eye size before and after metamorphosis of European eel *Anguilla anguilla* maintained in captivity. *Aquaculture* 153: 151–162.
- Costa DDM, Neto FF, Costa MDM, Morais RN, Garcia JRE, Esquivel BM, Ribeiro CAO. 2010. Vitellogenesis and other physiological responses induced by 17- β -estradiol in males of freshwater fish *Rhamdia quelen*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 151: 248–257.
- Crook V. 2010. Trade in *Anguilla* Species, with a Focus on Recent Trade in European Eel *A. anguilla*. A Traffic Report Prepared for the European Commission.
- Fernandino JI, Hattori RS, Acosta ODM, Strüssmann CA, Somoza GM. 2013. Environmental stress induced testis differentiation: androgen as a by-product of cortisol inactivation. *General and Comparative Endocrinology* 192: 36–44.
- Higuchi M, Celino FT, Miura C, Miura T. 2012. The synthesis and role of taurine in the Japanese eel testis. *Amino Acids* 43: 773–781.
- Inoue JG, Miya M, Miller MJ, Sado T, Hanel R, Hatooka K, Aoyama J, Minegishi Y, Nishida M, Tsukamoto K. 2010. Deep-ocean origin of freshwater eels. *Biology Letters* 6: 1–4.
- Kagawa H, Tanaka H, Ohta H, Unuma T, Nomura K. 2006. The first success of glass eel production in the world: basic biology on fish reproduction advances new applied technology in aquaculture. *Fish Physiology Biochemistry* 31: 193–199.
- Kazeto Y, Kohara M, Miura T, Miura C, Yamaguchi S, Trant JM, Adachi S, Yamauchi K. 2008. Japanese eel follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH): production of biologically active recombinant FSH and LH by drosophila S2 cells and their differential actions on the reproductive biology. *Biology of Reproduction* 79: 938–946.
- Kearney M, Jeffs A, Lee P. 2011. Development and early differentiation of male gonads in farmed New Zealand shortfin eel *Anguilla australis*. *New Zealand Natural Sciences* 36: 33–44.
- Khara H, Bahram Falahatkar, Bahman Meknatkhah, Mohaddeseh Ahmadnezhad, Iraj Efatpanah, Samane Poursaeid and Mina Rahbar. 2013. Effect of dietary estradiol 17 β on growth, hematology and biochemistry of stellate sturgeon *Acipenser stellatus*. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 5: 113–120.
- Matsubara H, Tanaka H, Nomura K, Kobayashi T, Murashita K, Kurokawa T, Unuma T, Kim SK, Lokman MP, Matsubara T, Kagawa H, Ohta H. 2008. Occurrence of spontaneously spermiating eels in captivity. *Cybio* 32: 174–175.
- Melia P, Bavacqua D, Crivelli AJ, Panvilli J, De

- Leo GA, Gatto M. 2006. Sex differentiation of the european eel in brackish and freshwater environment: Comparatif Analysis. *Journal of Fish Biology* 69: 221–235.
- Miura C, Miura T. 2011. Analysis of spermatogenesis using an eel model. *Aqua-BioScience Monographs* 4: 105–129.
- Nakamura M. 2013. Morphological and physiological studies on gonadal sex differentiation in teleost fish. *Aqua-BioScience Monographs (ABSM)* 6: 1–47.
- Rachmawati FN, Susilo U. 2012. Kajian histologi ovarium ikan sidat *Anguilla bicolor* McClelland yang tertangkap di Segara Anakan Cilacap. *Berkala Penelitian Hayati* 18: 47–49.
- Rovara O, Affandi R, Junior MZ, Agungpriyono S, Toelihere MR. 2008. Pematangan gonad ikan sidat betina *Anguilla bicolor bicolor* melalui induksi ekstrak hipofisis. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 1: 69–76.
- Singh V, Singh PB, Srivastava S. 2009. Testosterone and estradiol-17 β dependent phospholipid biosynthesis in ovariectomized catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Journal of Environmental Biology* 30: 633–640.
- Tanaka H. 2006. Development of artificial fry production technology of Japanese eel (Special Articles). *Farming Japan* 40: 26–30.
- Tanja MN, Kofoed, Tomkiewicz J, Pedersen Jes S. 2010. Histological study of hormonally induced spermatogenesis in european eel *Anguilla anguilla*. *Proceedings of the 4th Workshop on Gonadal Histology of Fishes. American Fisheries Society* 83–86.
- Wu Y, Zhi H, Lihong Z, He J, Weimin Z. 2011. Ontogeny of immunoreactive LH and FSH cells in relation to early ovarian differentiation and development in protogynous hermaphroditic ricefield eel *Monopterus albus*. *Biology of Reproduction* 5: 1–22.