

Evaluasi aplikasi hormon PMSG (Oodev®) terhadap indeks hepatosomatik dan gonadosomatik ikan gabus

Evaluation of PMSG (Oodev®) application on hepatosomatic and gonadosomatic index of snakehead fish

Rizal Akbar Hutagalung*, Maheno Sri Widodo, Abdul Rahem Faqih

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang 65145

*Surel: rizalakbarhutagalung020503@gmail.com

ABSTRACT

Snakehead fish *Channa striata* is a high economic value freshwater fish whose stock depends on natural catching. In general, hormonal induction commonly used for the efficiency of female parent utilization and enhancement quality and quantity of fish fry. Hormone that can be used is pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) and antidopamine with trademark Oodev®. These hormones contain many elements follicle stimulating hormone (FSH) which can trigger the early stages of gonad maturity. The purpose of this research was to determine the effectiveness of hormone PMSG on gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI). The size of female fish was 30–40 cm, weighing of 500–700 g, adapted in the aquarium and then induced with different doses of PMSG, namely: treatment A dose: 0.75 mL/kg; B: 1.0 mL/kg; C: 1.25 mL/kg; D: 1.5 mL/kg and be repeated three times. Fishes were then reared up to 72 hours to determine the development of GSI and HSI. The results showed that the best treatment was at dose of 1.25 mL/kg with GSI and HSI values of 1.37% and 3.35%, respectively.

Keywords: PMSG, GSI, HSI, snakehead fish

ABSTRAK

Ikan gabus *Channa striata* merupakan salah satu komoditas air tawar yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Saat ini pemenuhan kebutuhan hanya bergantung pada hasil penangkapan dari alam. Pada umumnya cara pemijahan buatan dengan induksi hormon dilakukan untuk efisiensi penggunaan induk serta peningkatan kualitas dan kuantitas benih ikan. Hormon yang dapat digunakan adalah *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG) dan antidopamin dengan merk dagang Oodev®. Hormon-hormon tersebut banyak mengandung unsur *follicle stimulating hormone* (FSH) yang dapat memicu kematangan gonad tahap awal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas hormon PMSG terhadap nilai indeks gonadosomatik (IGS) dan indeks hepatosomatik (IHS). Induk ikan gabus yang digunakan berukuran 30–40 cm dengan bobot 500–700 g, diaklimatisasikan di akuarium kemudian diinduksi hormon PMSG dengan perlakuan dosis A: 0,75 mL/kg; B: 1,0 mL/kg; C: 1,25 mL/kg; D: 1,5 mL/kg dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Selanjutnya ditunggu hingga 72 jam untuk mengevaluasi perkembangan IGS dan IHS nya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik adalah dosis 1,25 ml/kg dengan nilai rata-rata IHS 1,37% dan IGS 3,35%.

Kata kunci: PMSG, IGS, IHS, ikan gabus

PENDAHULUAN

Tingkat kebutuhan pangan berupa protein hewani yang bernilai ekonomis dan protein tinggi akan semakin meningkat seiring dengan jumlah populasi manusia yang semakin bertambah. Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu komoditas air tawar yang mempunyai nilai ekonomi tinggi, sementara ini pemenuhan kebutuhan hanya bergantung pada

hasil penangkapan di alam (Bijaksana, 2012a). Kondisi eksploitasi penangkapan ikan gabus terus meningkat, maka perlu adanya suatu rekayasa hormonal pada pembenihan ikan sehingga benih yang dihasilkan berkualitas (Zakes & Demaska-Zakes, 2009; Aryani, 2011) serta meningkatkan ketersediaan benih sebagai upaya pengadaan benih ikan gabus secara berkala dan dapat membantu dalam pengembangan budidaya ikan gabus itu sendiri.

Perkembangan teknik budidaya perikanan khususnya bidang reproduksi ikan semakin pesat, dengan adanya upaya pengadaan benih yang kontinu maka diharapkan teknik induksi hormon sebagai alternatif bagi pengembangan teknik pembenihan ikan gabus. Harapan ikan dapat segera memijah, dalam upaya manipulasi hormonal maka dalam prosesnya akan lebih baik jika menggunakan manipulasi hormon yaitu melalui penyuntikan berbagai macam hormon sebagai upaya pematangan gonad ikan (Nagahama & Yamashita, 2008; Mylonas *et al.*, 2010; Heyrati *et al.*, 2010). Salah satu hormon yang banyak digunakan untuk meningkatkan kematangan gonad pada ikan adalah *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG). Hormon PMSG banyak mengandung unsur *follicle stimulating hormone* (FSH) yang berperan dalam pematangan gonad awal atau vitelogenesis (Nagahama & Yamashita, 2008).

Perkembangan IGS ikan gabus dalam wadah budidaya merupakan indikasi awal bahwa tahapan domestikasinya dapat berlangsung dengan baik (Bijaksana, 2012a), sehingga parameter kematangan gonad tahap awal yaitu indeks gonadosomatik dan indeks hepatosomatik menjadi salah satu acuan dalam bekerjanya hormon ini. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tentang fungsi dari hormon Oodev® (Rahmatia, 2013) yang dapat meningkatkan kematangan gonad tahap awal, maka diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui sejauh mana efektivitas dosis hormon PMSG terhadap nilai IGS dan IHS dari induk ikan gabus.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Reproduksi Ikan Universitas Brawijaya Malang, Induk betina diseleksi sebanyak 18 ekor dengan panjang 30–40 cm dan bobot 500–700 g lalu diletakkan dalam akuarium dan diberi pakan terapung dengan protein 30–33%. Dengan ukuran panjang, bobot dan umur tersebut maka diasumsikan induk yang digunakan memiliki tingkat kematangan gonad yang sama. Induk yang dikumpulkan tersebut didapat dari pembudidaya di daerah Lumajang Jawa timur.

Kriteria induk betina menurut Paray *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa induk ikan gabus dapat dirangsang memijah pada ukuran 29–34 cm. Hormon yang digunakan adalah hormon PMSG dengan merk dagang Oodev® yang telah dikembangkan oleh Laboratorium Reproduksi

dan Genetika Ikan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan, dan tiga kali ulangan pada setiap perlakuan. Setiap perlakuan dan ulangan terdiri dari satu ekor induk betina yang diinduksi hormon PMSG. Perlakuan A: 0,75 mL/kg; B: 1,0 mL/kg; C: 1,25 mL/kg; D: 1,5 mL/kg; E: kontrol tanpa induksi hormon PMSG. Semua perlakuan diamati selama 72 jam lalu dilakukan pengumpulan data. Induk ikan betina yang digunakan dalam penelitian ini berada pada tingkat kematangan gonad yang sama, sehingga perbedaan hasil setelah diinduksi akan dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Metode pengumpulan data

Sebelum ikan diinduksi hormon, bobot tubuh induk betina ditimbang terlebih dahulu setelah perlakuan dan pengamatan 72 jam ikan dibedah dan ditimbang organ gonad dan hati untuk menentukan nilai IGS dan IHS. Nilai IGS ditentukan dengan menghitung persentase perbandingan antara bobot gonad dan bobot tubuh; sedangkan nilai IHS ditentukan dengan menghitung persentase perbandingan bobot hati dan bobot tubuh. Metode pengumpulan data ini dilakukan pada setiap perlakuan dan ulangan sehingga didapatkan rata-rata nilai persentase IGS dan IHS.

Pengamatan histologi gonad dilakukan sebagai data pendukung perkembangan kematangan gonad setelah induksi hormon PMSG. Menurut metode Utoh *et al.* (2005), sampel gonad pada setiap perlakuan selanjutnya difiksasi dengan larutan Bouin's, lalu gonad tersebut kemudian didehidrasi dalam larutan alkohol bertingkat mulai 70% hingga absolut, kemudian infiltrasi dalam parafin cair dan diblok dalam parafin (Sigma). Pengamatan tahapan oogenesis dilakukan dengan gonad diiris melintang dengan ketebalan 6 μ m dan diwarnai dengan hematoksin dan eosin. Selanjutnya gonad diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 kali.

Metode analisis data

Setiap perlakuan dengan tiga kali ulangan akan diuji statistik untuk menentukan perbedaan hasil nilai persentase IHS dan IGS dari setiap perlakuan. Analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak PASW.18.2014 *one way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dalam setiap perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

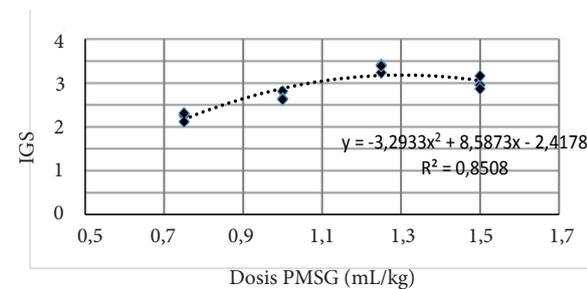
Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan rata-rata nilai IGS dan IHS seiring dengan bertambahnya hormon yang diberikan pada setiap perlakuan, kecuali pada perlakuan D terlihat penurunan nilai IGS dan IHS pada perlakuan A teramati masing-masing sebesar 2,23% dan 0,82%. Perlakuan B 2,69% dan 1,04%. Perlakuan C 3,35% dan 1,37% dan perlakuan D 2,99% dan 1,15%. Hasil lengkap nilai IGS dan IHS pada setiap perlakuan ditampilkan pada Tabel 1.

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan hasil *output* P-Value sebesar 0.000 yang artinya P-Value < α (0,05). Maka dapat disimpulkan yaitu adanya perbedaan rata-rata pemberian dosis terhadap nilai persentase IGS dan IHS. Berdasarkan data pada Tabel 1, diketahui nilai IGS dan IHS tertinggi terdapat pada perlakuan C sehingga dapat dikatakan bahwa pada perlakuan C menjadi perlakuan terbaik jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Berdasarkan data IGS bahwa terdapat peningkatan nilai IGS seiring dengan dosis hormon PMSG yang diinduksikan pada induk betina ikan gabus. Kurva dan persamaan dari hubungan antara hormon PMSG dan IGS dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa nilai R^2 : 0,85, hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang erat antara pemberian dosis hormon terhadap nilai IGS, sedangkan persamaan di atas menunjukkan dosis hormon PMSG yang optimal yaitu 1,30 mL/kg. Hal yang sama terlihat pada data hasil dari IHS yaitu terdapat hubungan yang erat antara pemberian dosis hormon PMSG dengan kinerja hepatosomatik. Nilai R^2 : 0,85 dengan dosis optimal dari persamaan adalah 1,27 mL/kg. Kurva dan persamaan hubungan antara hormon PMSG dengan nilai IHS ditampilkan pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil pengamatan pada nilai IGS dan IHS pada setiap perlakuan, terlihat adanya peningkatan yang sama seperti yang dikemukakan oleh Rovara *et al.* (2008) bahwa IGS erat kaitannya



Gambar 1. Kurva dan persamaan hubungan *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG) dan indeks gonadosomatik (IGS).

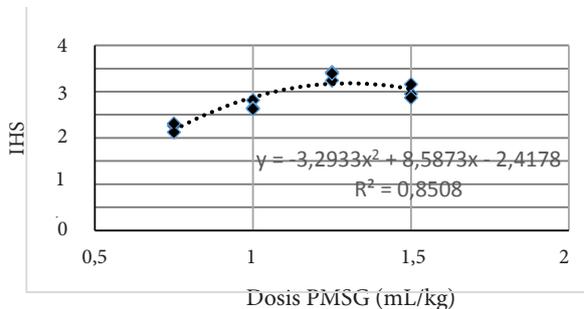
Tabel 1. Nilai indeks gonadosomatik (IGS) dan indeks hepatosomatik (IHS) setelah induksi hormon *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG)

Perlakuan	IGS (%)	IHS (%)
A1	2,26	0,80
A2	2,12	0,84
A3	2,31	0,83
B1	2,81	1,02
B2	2,65	1,04
B3	2,63	1,07
C1	3,24	1,35
C2	3,42	1,4
C3	3,39	1,38
D1	2,95	1,18
D2	2,87	1,13
D3	3,16	1,15
Kontrol 1	1,03	0,36
Kontrol 2	0,94	0,31
Kontrol 3	0,85	0,35

Keterangan: perlakuan A dosis *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG) 0,75 mL/kg; perlakuan B dosis PMSG 1,0 mL/kg; perlakuan C dosis PMSG 1,25 mL/kg; perlakuan D dosis PMSG 1,5 mL/kg; kontrol tanpa PMSG.

dengan vitelogenesis yang terjadi di hati, yang berarti dalam hal ini ada kaitannya dengan nilai persentase IHS.

Pada Tabel 1 terlihat perbedaan pada perlakuan D yaitu terdapat penurunan nilai IGS dan IHS bila dibandingkan dengan perlakuan C meskipun dosis pada perlakuan D ditingkatkan, pada perlakuan C diketahui menunjukkan rata-rata nilai IGS dan IHS sebesar 3,35% dan 1,37%, sedangkan pada perlakuan D menunjukkan nilai rata-rata IGS dan IHS sebesar 2,99% dan 1,15%. Hal ini disinyalir terjadi karena proses umpan balik dari sekresi hormon gonadotropin akibat tingginya kandungan FSH yang dilepas. Nagahama dan Yamashita (2008) menyebutkan adanya kemungkinan mekanisme *feedback*



Gambar 2. Kurva dan persamaan hubungan *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG) dan indeks hepatosomatik (IHS).

negatif sehingga kandungan FSH yang cukup tinggi dapat menekan kerja LH endogen. Hal ini selanjutnya akan menekan gonadotropin untuk menghentikan sintesis estradiol- 17β . Induksi hormon yang berlebih dapat mengganggu keseimbangan jumlah hormon dalam tubuh ikan, sehingga kelebihan hormon akan dikeluarkan oleh tubuh melalui sistem sekresi (Mylonas *et al.*, 2010).

Indeks gonadosomatik (IGS)

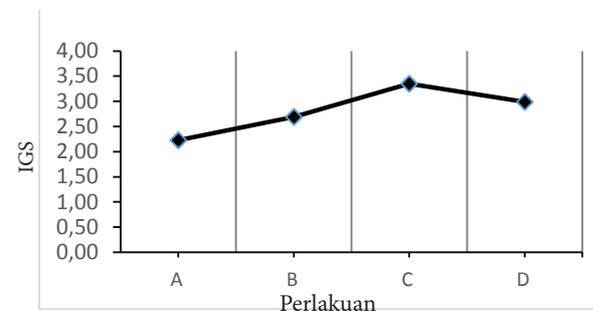
Pengamatan gonad meliputi nilai persentase IGS dan histologi gonad. Pengamatan ini menjadi sangat penting dalam proses kematangan gonad tahap awal yang dipengaruhi oleh hormon PMSG karena aktivitas metabolisme reproduksi ikan sebagian besar tertuju pada proses perkembangan gonad (Mylonas *et al.*, 2010). Hal ini terlihat pada pengamatan yang dilakukan, setiap perlakuan menunjukkan nilai IGS yang berbeda-beda sesuai dengan dosis yang diberikan, yaitu PMSG yang mempunyai daya kerja dominan FSH akan bekerja optimum pada induk ikan gabus yang sedang mengalami perkembangan gonad tahap awal (GTH 1).

Peningkatan nilai IGS dapat disebabkan oleh perkembangan oosit yang terisi vitelogenin. Vitelogenin yaitu bakal kuning telur yang merupakan komponen utama dari oosit yang sedang berkembang. Hal ini terjadi karena saat proses vitelogenesis berlangsung maka granula kuning telur bertambah dalam jumlah dan ukuran sehingga volume oosit menjadi membesar, seiring dengan adanya perkembangan oosit yang ditandai dengan semakin meningkatnya nilai IGS. Tampubolon *et al.* (2002) mengungkapkan bahwa perkembangan bobot gonad beriringan dengan nilai IGS, yaitu semakin besar bobot gonad maka nilai IGS akan semakin besar pula namun nilai IGS akan menurun setelah pemijahan. Nilai IGS induk ikan gabus setelah induksi hormon PMSG disajikan pada Gambar 3.

Tingkat kematangan gonad ikan dapat diamati dari hasil analisis histologi. Sampel gonad yang diamati menunjukkan gonad ikan gabus betina berada dalam tahap perkembangan gonad sebagai dampak dari induksi hormon PMSG yang meningkatkan aktivitas vitelogenesis. Gambar histologi gonad ikan gabus pada setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat adanya perkembangan oosit yang berbeda pada setiap perlakuan. Akibat dari proses vitelogenesis maka sel membran pada granula oosit menyerap kandungan vitelogenin pada peredaran darah yang berada pada gonad ikan. Hal inilah yang menjadikan volume oosit membesar seiring dengan perkembangan gonad. Terlihat bahwa perkembangan oosit pada induk ikan gabus yang diinduksi hormon PMSG berlangsung secara bertahap, terlihat dari gambar histologi gonad bahwa ukuran dan perkembangan pada setiap oosit berbeda.

Menurut Nagahama dan Yamashita (2008) keadaan ovarium ikan dengan perkembangan



Gambar 3. Indeks gonadosomatik (IGS) setelah induksi hormon *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG) pada setiap perlakuan. Perlakuan A (0,75 mL/kg), B (1,0 mL/kg), C (1,25 mL/kg), D (1,5 mL/kg), E (kontrol tanpa induksi hormon PMSG).

oosit bertahap termasuk ke dalam tipe asinkron (metakrom) atau tidak sinkron yang berarti ovarium mempunyai oosit dengan berbagai tingkat perkembangan. Rachmawati (2012) mendeskripsikan pola perkembangan oosit pada fase *yellow eel*, ovarium masih dalam tahap perkembangan yang ditandai dengan posisi inti yang mulai bergerak ke tepi dan belum tampak adanya vesikula dalam sitoplasma. Hal ini terlihat pada Gambar 4 (a) di mana dapat diamati perkembangan oosit tahap 1. Pada fase presilver, ovarium mulai berkembang, terjadi peningkatan butiran *yolk* sebagai tanda awal dimulainya fase previtellogenesis. Hal tersebut terlihat pada pengamatan histologi pada Gambar 4 (b) pada perkembangan oosit dua.

Struktur ovarium dalam tahap perkembangan awal ditandai dengan oosit yang dikelilingi lapisan sel yang membentuk dua lapisan yaitu lapisan granulosa dan lapisan teka. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 (c) yaitu terlihat perkembangan oosit tahap tiga. Pada tahap previtelogenik/kortikal-alveoli, vesikula *yolk* mulai nampak dan terjadi akumulasi butiran *yolk* yang akan memenuhi oosit pada gambar 4 (d) yaitu perkembangan oosit tahap empat.

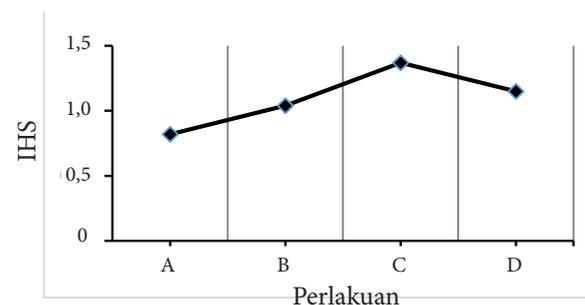
Indeks hepatosomatik (IHS)

Indeks hepatosomatik (IHS) yaitu koefisien nilai persentase perbandingan bobot total induk ikan gabus setelah induksi hormon PMSG terhadap bobot hati sebagai organ yang memengaruhi proses vitelogenesis. Nilai persentase IHS bergantung pada bobot tubuh ikan dan bobot hati, hal ini dikarenakan hati disinyalir

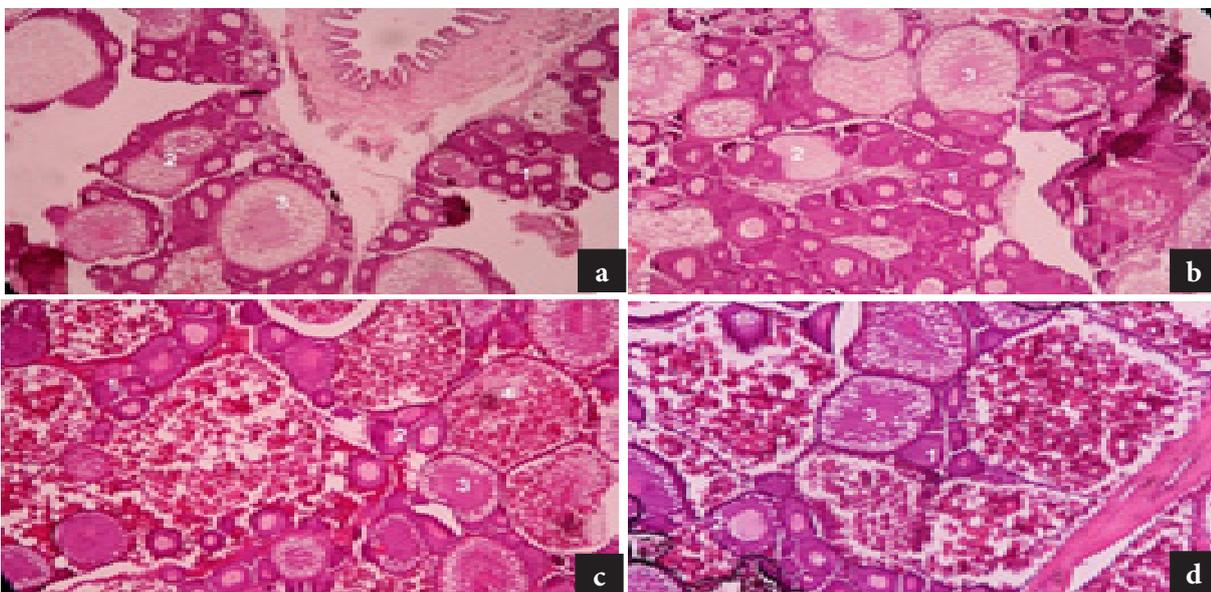
melakukan aktivitas sintesis steroid estradiol 17β dalam darah yang melalui hati akan diubah menjadi vitelogenin yang nantinya kandungan vitelogenin dalam darah akan meningkat dan akan memenuhi oosit pada gonad induk ikan gabus, dimana dalam hal ini pola distribusi peningkatan nilai IHS akan berbanding lurus dengan nilai IGS. Grafik nilai IHS setelah diinduksi hormon PMSG ditampilkan pada Gambar 5.

Peningkatan nilai IHS mengindikasikan bahwa adanya aktivitas hati dalam mensintesis estradiol- 17β bersifat normal, hal ini didukung oleh penelitian Bijaksana (2012b) pada induk ikan gabus yaitu hati mempunyai peran dalam sintesis material yang akan diakumulasikan dalam hal ini yaitu kandungan estradiol- 17β dalam darah pada ovarium pada saat masa reproduksi. Nilai IHS menunjukkan kinerja hati dalam aktivitas vitelogenesis pada pematangan gonad tahap awal.

Aktivitas vitelogenin ini menyebabkan nilai IHS ikan meningkat. Sintesis vitelogenin di hati sangat dipengaruhi oleh estradiol- 17β



Gambar 5. Grafik indeks hepatosomatik (IHS) setelah induksi hormon *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG).



Gambar 4. Histologi gonad ikan setelah induksi *pregnant mare serum gonadotropin* (PMSG).

yang merupakan stimulator dalam biosintesis vitelogenin, menurut Mylonas *et al.* (2010), estradiol-17 β beredar menuju hati sehingga bobot hati pada ikan yang mengalami proses kematangan gonad akan meningkat, memasuki jaringan dengan cara difusi dan secara spesifik merangsang sintesis vitelogenin. Selanjutnya Mylonas *et al.* (2010) dan Magalhaes *et al.* (2012) menjelaskan bahwa dalam proses vitelogenesis, vitelogenin disintesis oleh hati pada bagian retikulum endoplasma kasar, yang selanjutnya dimodifikasi, dikemas dalam apartus golgi, dan disekresikan ke dalam aliran darah. Secara alami ikan yang sedang melakukan proses pembentukan vitelogenin mempunyai laju metabolisme di hati yang lebih tinggi daripada ikan yang tidak melakukan proses tersebut. Aktivitas hati yang semakin meningkat menyebabkan nilai persentase IHS juga ikut meningkat. Hal ini sesuai dengan Lenhardt *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa nilai IHS pada induk ikan akan meningkat menjelang vitelogenesis. Oleh karena itu, nilai IHS dapat digunakan untuk mengamati proses reproduksi pada induk ikan gabus betina.

KESIMPULAN

Pemberian hormon PMSG dapat meningkatkan nilai IGS dan IHS induk ikan gabus. PMSG dapat digunakan sebagai rangsangan untuk proses pematangan gonad tahap awal. Perlakuan dengan dosis hormon PMSG 1,25 mL/kg menghasilkan nilai IGS dan IHS pada induk betina ikan gabus masing-masing sebesar 3,35% dan 1,37%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bijaksana U. 2012a. Domestikasi ikan gabus *Channa striata* Blkr, upaya optimalisasi perairan rawa di Propinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal I*: 92–101.
- Bijaksana U. 2012b. Evaluasi konsentrasi estradiol-17 β pada ikan gabus *Channa striata* di dua habitat. *Bioscientiae* 9: 31–34.
- Heyrati FP, Amiri BM, Dorafshan S. 2010. Effect of GnRHa injection on milt volume in recently stripped rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research* 41: 487–492.
- Heyrati FP, Amiri BM, Dorafshan S. 2010. Effect of GnRHa injection on milt volume in recently stripped rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research* 41: 487–492.
- Lenhardt M, Jarić I, Cakić P, Cvijanović G, Gačić Z, Kolarević J. 2009. Seasonal changes in condition, hepatosomatic index and parasitism in sterlet *Acipenser ruthenus* L. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 33: 209–214.
- Magalhães T, Mossolin EC, Mantelatto FL. 2012. Gonadosomatic and hepatosomatic indexes of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae) from São Sebastião Island, southeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 7: 1–9.
- Mylonas CC, Fostier A, Zanuy S. 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology* 165: 516–534.
- Nagahama Y, Yamashita M. 2008. Regulation of oocyte maturation in fish. *Development, Growth and Differentiation* 50: 195–219.
- Paray BA, Haniffa MA, Manikandaraja D, Milton MJ. 2013. Breeding behavior and parental care of the induced bred striped murrel *Channa striatus* under captive conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 707–711.
- Rachmawati FN, Untung S. 2012. Kajian histologi ovarium ikan sidat *Anguilla bicolor* (Mc. Clelland) yang tertangkap di Segara Anakan Cilacap Jawa Tengah. *Berkala Panel Hayati* 18: 47–49.
- Rovara O, Affandi R, Junior MZ, Agungpriyono S, Toeliher MR. 2008. Pematangan gonad ikan sidat betina *Anguilla bicolor bicolor* melalui induksi ekstrak hipofisa. *Indonesian Journal of Aquatic Sciences and Fisheries* 1: 1–83.
- Tampubolon RV, Sukimin S, Rahardjo MF. 2002. Aspek biologi reproduksi dan pertumbuhan ikan lemuru *Sardirtella longiceps* CV di perairan Teluk Sibolga. *Jurnal Ikhtiologi Indonesia* 2: 1–7.
- Zakeś Z, Demska-Zakeś K. 2009. Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* L.: a review. *Archives of Polish Fisheries* 17: 153–170.