

II. KERANGKA TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Kematangan Gonad Pada Ikan

Kematangan gonad ikan pada umumnya adalah tahapan pada saat perkembangan gonad sebelum dan sesudah memijah. Selama proses reproduksi, sebagian energi dipakai untuk perkembangan gonad. Bobot gonad ikan akan mencapai maksimum sesaat ikan akan memijah kemudian akan menurun dengan cepat selama proses pemijahan berlangsung sampai selesai. Menurut Effendie (2002), penambahan bobot gonad ikan betina pada saat stadium matang gonad dapat mencapai 10 – 25 persen dari bobot tubuh, dan pada ikan jantan 5 – 10 persen. Lebih lanjut dikemukakan bahwa semakin bertambahnya tingkat kematangan gonad, telur yang ada dalam gonad akan semakin besar. Pendapat ini diperkuat oleh Kuo *et al.* (1979) bahwa kematangan gonad pada ikan dicirikan dengan perkembangan diameter rata-rata telur dan pola distribusi ukuran telurnya.

Kematangan gonad ikan baung dimulai apabila telah mencapai panjang 215 mm dengan bobot 90g (Tang *et al.*, 1999). Secara garis besar, perkembangan gonad ikan dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap pertumbuhan gonad ikan sampai ikan menjadi dewasa kelamin dan selanjutnya adalah pematangan gamet. Tahap pertama berlangsung mulai ikan menetas hingga mencapai dewasa kelamin, dan tahap kedua dimulai setelah ikan mencapai dewasa, dan terus berkembang selama fungsi reproduksi masih tetap berjalan normal (Lagler *et al.*, 1977). Lebih lanjut dikatakan bahwa kematangan gonad pada ikan tertentu dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan faktor dalam. Faktor luar antara lain dipengaruhi oleh suhu dan adanya lawan jenis, faktor dalam antara lain perbedaan spesies, umur serta sifat-sifat fisiologi lainnya.

Ikan baung tergolong ikan yang bertulang sejati (teleostei). Ikan teleostei biasanya mempunyai sepasang ovarium yang merupakan organ memanjang dan kompak, terdapat di dalam rongga perut, berisi oogonium, oosit dengan sel-sel folikel yang mengitarinya, jaringan penunjang atau stroma, jaringan pembuluh darah dan saraf (Nagahama, 1983).

Berdasarkan klasifikasi Wallace dan Selman (1981) pola perkembangan oosit ikan teleostei dapat dibagi atas tiga tipe, pertama disebut tipe sinkronisme total, yaitu semua oosit dalam ovarium dibentuk dalam waktu yang relatif sama. Tipe ini ditemukan pada ikan-ikan yang mengalami migrasi (“katadromous” dan “anadromous”). Tipe kedua, tipe sinkronisme kelompok. Pada tipe ini paling sedikit terdapat dua populasi oosit pada suatu saat. Ketiga adalah asinkronisme, yaitu oosit terdiri dari semua tingkat perkembangan. Tipe ini ditemukan pada ikan yang memijah sepanjang tahun, misalnya pada beberapa jenis ikan tropis.

Setiap oosit selama permulaan perkembangannya dikelilingi oleh selapis folikel. Dengan tumbuhnya oosit, sel-sel folikel membelah diri dan membentuk suatu lapisan folikular yang kontinyu (lapisan granulosa). Secara bersamaan dikelilingi bagian jaringan pengikat yang juga menjadi terorganisir membentuk suatu lapisan luar yang berbeda dari penutup folikular yang disebut lapisan teka. Dengan demikian oosit dikelilingi oleh dua lapisan utama, dibagian luar lapisan teka dan dibagian dalam adalah lapisan granulosa yang masing-masing dipisahkan oleh membran. Sel teka mengandung fibroblas, jaringan kolagen dan kapiler darah pada beberapa jenis ikan. Sel teka dan granulosa berperan sebagai penghasil steroid. Sel folikular pada pinggiran memainkan peranan penting dalam inkorporasi material lipoprotein yang berasal dari hati ke dalam oosit. Pematangan oosit dicirikan oleh pergerakan awal dari vesikula germinalis (germinal vesicle) dan diakhiri dengan tahap pembelahan meiosis pertama (Takashima dan Hibiya, 1995).

Tingkat kematangan gonad merupakan pengelompokan kematangan gonad ikan berdasarkan perubahan-perubahan yang terjadi pada perkembangan gonad. Pengamatan perkembangan gonad dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengelompokan berdasarkan morfologi dan berdasarkan histologi. Dari pengamatan secara histologi akan dapat diketahui lebih jelas dan mendetail. Sedangkan pengamatan secara morfologi tidak akan sedetail dengan cara histologi, namun cara morfologi banyak dilakukan karena dapat dilakukan di lapangan. Pembagian tingkat kematangan gonad berbeda setiap peneliti dan bergantung pada jenis ikan yang diteliti. Siregar (1999) membagi tingkat perkembangan gonad ikan jambal siam kedalam empat kelompok berdasarkan morfologi dan histologi (Tabel 1).

Ukuran sel telur ada hubungannya dengan fekunditas. Makin banyak telur yang

dipijahkan ukuran telurnya makin kecil, misalnya pada ikan cod yang diameternya 1-1,7mm produksi telurnya 10 juta butir. Salmon atlantik diameter telur 5-6 mm produksi telurnya 2000-3000 (Blaxter, 1969). Sementara itu, untuk ikan baung dengan berat 2,7 kg produksi telurnya mencapai 1.365 sampai 160.235 butir (Tang *et al.*, 1999).

Tabel 1. Kriteria perkembangan gonad ikan jambal siam (*Pangasius hypophthalmus*) betina secara morfologis dan histologis pada berbagai tingkat kematangan (Siregar, 1999)

TKG	Morfologi	Histologi
I	Ovari kecil dan halus seperti benang, warna ovari merah muda, memanjang di rongga perut.	Didominasi oleh oogonia berukuran 7.5-12.5µm, inti sel besar.
II	Ukuran ovari bertambah besar, warna coklat muda, butiran telur belum terlihat dengan mata telanjang.	Oogonia menjadi oosit ukuran 200-250µm, membentuk kantung kuning telur, sitoplasma berwarna ungu.
III	Ukuran ovari relatif lebih besar dan mengisi hampir 1/3 rongga perut, butiran-butiran telur terlihat jelas dan berwarna kuning muda.	Lumen berisi telur. ukuran oosit 750-1125µm. Inti mulai tampak.
IV	Gonad mengisi penuh rongga perut, semakin pejal dan warna butiran telur kuning tua. Butiran telur besarnya hampir sama dan mudah dipisahkan, kantung tubulus seminifer agak lunak.	Inti terlihat jelas dan sebaran kuning telur mendominasi oosit. Ukuran oosit 1300-1500µm.

Cat. jambal siam sinonim dengan patin siam

2.1.2 Kualitas Telur Ikan

Telur merupakan hasil akhir dari proses gametogenesis, setelah oosit mengalami fase pertumbuhan yang panjang yang sangat bergantung pada gonadotropin. Perkembangan diameter telur pada oosit teleostei umumnya karena akumulasi kuning telur selama proses vitelogenesis. Akibat proses ini, telur yang tadinya kecil menjadi besar.

Ada tiga macam bahan kuning telur yang berbeda 1) butir minyak (oil droplet), 2) gelembung kuning telur (yolk vesicle), 3) bola kecil kuning telur (yolk globule). Dalam vitelogenesis yang sedang berlangsung, sitoplasma telur yang matang ruangnya diisi oleh bola-bola kecil kuning telur saling bersatu dengan yang lainnya membentuk menjadi masa kuning telur.

Definisi kualitas telur yang umum digunakan adalah kemampuan telur untuk menghasilkan benih yang baik. Potensi telur untuk menghasilkan benih yang baik ditentukan oleh beberapa faktor, yakni faktor fisik, genetik dan kimia selama terjadi proses perkembangan telur. Jika satu dari faktor esensial ini tidak ada maka telur tidak berkembang dalam beberapa stadia. Beberapa indikator kualitas telur adalah sebagai berikut.

Pembuahan

Pembuahan atau fertilisasi merupakan asosiasi gamet, dimana asosiasi ini merupakan mata rantai awal dan sangat penting pada proses fertilisasi. Rasio pembuahan sering digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi kualitas telur.

Penggabungan gamet biasanya disertai dengan pengaktifan telur. Selama fertilisasi dan pengaktifan, telur-telur ikan teleostei mengalami reaksi kortikal. Kortikal alveoli melebur, melepaskan cairan koloids, dan selanjutnya memulai pembentukan ruang periviteline (Yamamoto, 1961 dalam Kjorsvik *et al.*, 1990). Kortikal alveoli muncul setelah terjadinya fertilisasi dan reaksi kortikal yang tidak lengkap menunjukkan kualitas telur yang jelek. Beberapa hal yang mempengaruhi pembuahan adalah berat telur ketika terjadi pembengkakan oleh air, pH cairan ovari, dan konsentrasi protein (Lahnsteiner *et al.*, 2001).

Morfologi

Telur yang belum dibuahi bagian luarnya dilapisi oleh selaput yang dinamakan selaput kapsul atau khorion. Di bawah khorion terdapat selaput yang kedua dinamakan selaput vitelin. Selaput yang mengelilingi plasma telur dinamakan selaput plasma. Ketiga selaput ini semuanya menempel satu sama lain dan tidak terdapat ruang diantaranya. Lapisan vitelin pada ikan mas mempunyai ukuran ketebalan 10.0-10.2 μm dan mempunyai struktur yang kompleks dan terdiri dari 4 lapisan yang penamaannya berbeda

berdasarkan penemu (Linhart *et al.*, 1995). Lapisan bagian luar terdiri 2 bagian berdasarkan perbedaan sitokimia. Selanjutnya dikatakan bahwa kedua lapisan ini kaya akan protein.

Selama oogenesis kuning telur mengakumulasi sejumlah besar *yolk granules* dan lipid yang terisi pada bagian tengah. Diameter granula berkisar antara 6-24 μm (Linhart *et al.*, 1995). Jumlah dan distribusi dari lemak (butir lemak) sangat bervariasi dengan diameter 1-1.5 μm (Linhart *et al.*, 1995). Distribusi dari butir-butir lemak ini juga menjadi parameter kualitas telur.

Selama oogenesis, salah satu yang paling mencolok adalah pembentukan sebuah zona tebal yang sangat berdiferensiasi yang terdiri dari membran telur, membran vitelin, zona radiata, zona pelusida dan terletak diantara lapisan-lapisan granulosa dan oosit. Bergantung pada spesies dan tahap pertumbuhan oosit, membran telur bervariasi dalam hal ketebalan. Tebalnya 7-8 μm pada oosit ikan mas koki dan sekitar 30 μm pada rainbow trout (Kjorsvik *et al.*, 1990) .

Perubahan morfologi yang dialami membran mencerminkan adaptasi terhadap berbagai kondisi ekologi. Membran telur ini banyak mengandung protein dan karbohidrat. Belum dapat dipisahkan apakah asal membran ini dari oosit atau dari sel folikel atau dari kedua-duanya. Pada oosit kuda laut, *Hippocampus erectus* dan ikan pipa *Syngnathus fuscus*, membran dibentuk oleh oosit, sehingga diklasifikasikan sebagai selubung primer (Nagahama, 1983).

Menurut Kjorsvik *et al.* (1990), morfologi sel juga sering digunakan untuk meneliti kualitas telur dan parameter morfologi ini lebih sensitif dibandingkan dengan kelangsungan hidup. Pada pembelahan awal (blastomer) embrio tidak berdiferensiasi, dan ini menjadi dasar untuk perkembangan embrio selanjutnya. Kerusakan pada sel ini akan mempengaruhi perkembangan akhir dari embrio, dan akhirnya akan terjadi kerusakan pada salah satu sel dalam perkembangannya. Pengamatan juga termasuk melihat simetri pembelahan awal serta banyaknya embrio dan larva yang cacat.

Ukuran telur

Ukuran telur dapat dinyatakan dalam banyak cara. Diameter tunggal yang biasa digunakan, tetapi diameter terpanjang juga kadang-kadang digunakan. Selain itu panjang

telur dan lebar telur juga digunakan. Ukuran-ukuran telur yang lain mencakup volume telur, bobot basah dan bobot kering. Dari segi energetika istilah terbaik untuk ukuran telur adalah kandungan energi per telur atau joule per telur. Kalori telur menunjukkan jumlah energi yang tersedia bagi embrio untuk berkembang.

Ukuran telur berkorelasi dengan ukuran larva. Larva yang besar lebih tahan tanpa pakan dibandingkan dengan larva berukuran kecil yang dipijahkan dari telur kecil. Hubungan positif antara ukuran larva dan ukuran telur telah dilaporkan untuk *Salmo salar*, *Onchorhynchus mykiss*, *Onchorhynchus keta*, dan *Clupea harengus* (Kamler, 1992). Keuntungan ukuran awal yang dimiliki larva yang menetas dari telur besar dapat kurang berarti selama perkembangan selanjutnya, atau bahkan hilang. Pada *Salmo salar* keuntungan ini hilang setelah 5 minggu pertama pertumbuhan; pada *Oncorhynchus mykiss* keuntungan ini hilang setelah 16 minggu (Kamler, 1992).

Kemampuan larva yang kecil untuk bertumbuh sehingga mempunyai kecepatan yang sama dengan larva yang lebih besar sangat penting untuk tujuan komersial. Potensi yang sangat penting adalah menemukan kelangsungan hidup telur dan larva tidak dipengaruhi oleh ukuran telur (Kjorsvik *et al.*, 1990).

Kandungan kimia

Komposisi biokimia telur yang sehat menggambarkan kebutuhan embrio terhadap nutrisi dan pertumbuhan. Komponen tertentu diketahui “essensial” untuk organisme yang tidak dapat mensintesis nutrisi tersebut. Komponen ini harus ada dalam jumlah tertentu untuk kebutuhan fisiologi. Oleh karena itu parameter biokimia kualitas telur dapat digunakan. Hasil evaluasi biokimia kualitas telur sebelum fertilisasi mungkin dapat digunakan.

Material yang diperlukan selama perkembangan secara umum dapat dibagi menjadi 1) diperlukan secara langsung untuk sintesis jaringan embrionik, dan 2) digunakan untuk energi metabolisme (Tang dan Affandi, 2000). Lebih lanjut dikatakan bahwa jumlah total dan relatif berbagai nutrisi yang diperlukan jelas bervariasi bergantung kepada faktor seperti waktu pengeraman, ukuran ikan pada waktu menetas dan lamanya anak-anak ikan memerlukan persediaan bahan endogen sebelum menemukan semua keperluan dari sumber lain.

Kadar protein, lipid dan karbohidrat berkorelasi positif terhadap kelangsungan hidup larva. Protein merupakan komponen dominan kuning telur, sedangkan jumlah dan komposisinya menentukan besar kecilnya ukuran telur (Kamler, 1992). Hasil penelitian dari pemijahkan induk belanak garis (striped mullet) dalam beberapa fasilitas yang berbeda (air laut dan air payau atau ditempatkan di dalam gedung serta di kolam air payau), menunjukkan kadar asam oleat, eikosanoat dan arakidonat yang berbeda kadarnya pada telur induk matang (Tamaru *et al.*, 1991). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pematangan induk akan mempengaruhi kandungan kimia telur.

2.1.3 Peranan Asam Lemak Tak Jenuh (n-6 dan n-3) Pada Kualitas Telur

Lemak pakan merupakan sumber energi dan sumber asam lemak esensial bagi ikan. Sumber dari lemak akan menentukan susunan asam lemak esensialnya. Pada tubuh ikan, asam lemak tersebut merupakan salah satu senyawa fosfolipid membran sel. Watanabe (1988) melaporkan bahwa lemak, selain sebagai sumber energi juga digunakan untuk struktur sel, dan mempertahankan integritas pada biomembran.

Lemak dan komposisi asam lemak dalam pakan induk telah diidentifikasi sebagai faktor utama dari nutrisi yang menentukan keberhasilan reproduksi dan meningkatkan derajat kelangsungan hidup larva (Izquierdo *et al.*, 2001). Lebih lanjut dikatakan bahwa pada beberapa spesies, HUFA dalam pakan induk dapat meningkatkan fekunditas, fertilisasi dan kualitas telur.

Fosfolipid disusun oleh gliserol, fosfat, asam lemak esensial dan non esensial terutama asam lemak dari kelompok HUFA (*High Unsaturated Fatty Acid*) dan PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*) berperan penting untuk kegiatan metabolisme, komponen membran, senyawa awal prostaglandin seperti tromboksan, prostasiklin dan leukotrin (BNF, 1992). Lebih lanjut dikatakan kadar lipid telur masak adalah sebesar 2-10% dari berat telur bergantung kepada spesiesnya. Telur yang mengandung lipid tinggi mempunyai banyak gelembung minyak berisi lipid netral (tryacyl gliserol dan wax ester).

Hepher (1990) menyatakan bahwa lipid netral berfungsi sebagai energi metabolisme bagi embrio selama perkembangan; sedangkan fosfolipid berguna untuk penyediaan asam lemak esensial yang diendapkan menjadi membran sel sebagai jaringan. Telur dengan kadar lipid tinggi disertai dengan lipid netral yang tinggi kadarnya

merupakan ciri telur yang masa pengeramannya lama sampai beberapa minggu seperti pada salmon.

Hubungan positif antara kelangsungan hidup dengan konsentrasi lipid total telur telah ditunjukkan Xu *et al.* (1993) pada udang cina (*Penaeus chinensis*). Diyakini bahwa kadar asam lemak telur dapat meningkatkan daya tetas dan daya hidup larva. Dilaporkan bahwa induk ikan yang diberi pakan yang kekurangan asam lemak esensial (EFA) akan menghasilkan telur yang rendah daya tetasnya dan sebagian besar dari larva yang dihasilkan adalah abnormal (Watanabe *et al.*, 1984). Pengaruh ini jelas terlihat pada pemberian pakan tanpa asam lemak esensial pada induk ikan *red sea bream* yang dilakukan 2-3 bulan sebelum memijah.

Kualitas pemijahan *sea bream* dapat ditingkatkan dengan penambahan n-3 HUFA sampai sebesar 1,6% (Palacios *et al.*, 1995). Penelitian lain juga menunjukkan penambahan n-3 HUFA lebih besar dari 1% (1,5-2,0%) dalam pakan induk *Japanese flounder*, dapat meningkatkan normalitas dan derajat kelangsungan hidup larva (Furuita *et al.*, 2000). Proporsi n-3 HUFA diharapkan lebih tinggi dalam pakan induk karena sangat terkait dengan kualitas telur terutama untuk meningkatkan daya tetasnya. Namun dari hasil penelitian pada *Japanese flounder*, Furuita *et al.* (2002) memperoleh proporsi n-3 HUFA tidak boleh lebih dari 32% (diantara 20-25% dari total asam lemak) karena meningkatnya level n-3 HUFA dapat menurunkan level asam amino dalam telur yang menyebabkan menurunnya kualitas telur.

Leray *et al.* (1985) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh defisiensi asam lemak esensial terhadap proses reproduksi ikan trout selama satu tahun. Ternyata efisiensi fertilisasi sebanding antara telur-telur yang berasal dari induk yang mendapat pakan tanpa asam lemak esensial dan dari induk yang mendapatkan asam lemak esensial. Namun kematian embrio tertinggi dapat terjadi pada hari ke 8 dan ke 22 pada kelompok telur yang induknya tidak mendapatkan asam lemak esensial. Berdasarkan pengamatan morfologi maka ternyata kegagalan pembelahan sel yang normal (sel tidak berkelompok) terjadi pada stadia ke 16 dan ke 32 sel, dan juga terjadi suatu hambatan perkembangan gastrulasi, dan pada akhirnya terjadi berbagai kelainan pada proses organogenesis. Selain gejala abnormal tersebut, vitelus pada kelompok larva yang berasal dari induk yang mendapat makanan tanpa asam lemak esensial lebih cepat

habis dibandingkan dengan kelompok larva yang berasal dari induk yang mendapat makanan yang mengandung asam lemak esensial (50 hari vs 60 hari). Dari hasil ini ternyata asam lemak mempunyai peranan yang sangat penting sampai ke perkembangan larva.

Kebutuhan asam lemak esensial pada ikan air tawar di daerah tropik dapat dipenuhi dari asam lemak linoleat (18:3n-6) atau linolenat (18:3n-3) atau kombinasi keduanya (Hepher, 1990). Selanjutnya dikatakan bahwa ikan ini mempunyai kemampuan untuk mengkonversi asam-asam lemak tadi menjadi asam lemak berantai karbon panjang C₂₀ dan C₂₂ dengan jalan memperpanjang rantai karbon dan desaturasi. Kebutuhan asam lemak esensial pada ikan-ikan air tawar dapat dilihat pada Tabel 2.

2.1.4 Peranan Hormon E2 dalam Reproduksi

Saat ini telah banyak yang diketahui tentang keterlibatan hormon dalam proses vitelogenesis. Selain E2 beberapa hormon diduga terlibat dalam pertumbuhan oosit adalah GTH, T4, Triiodotironin, insulin dan hormon pertumbuhan (GH) (Tang dan Affandi, 2000). E2 adalah estrogen utama pada ikan betina. E2 merupakan perangsang dalam biosintesis vitelogenin di hati. Disamping itu E2 yang terdapat dalam darah memberikan rangsangan balik terhadap hipofisis dan hipotalamus ikan. Rangsangan yang diberikan oleh E2 terhadap hipofisis ikan adalah rangsangan dalam proses pembentukan gonadotropin. Rangsangan terhadap hipotalamus adalah dalam memacu sintesis GnRH.

Tabel 2. Kebutuhan asam lemak esensial pada benih dan ikan air tawar dewasa (Sargent *et al.*, 2002)

Spesies ikan	Asam lemak esensial	% bobot kering
Rainbow trout (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)	8:3n-3	0.7-1.0
	n-3 HUFA	0.4-0.5
Chum salmon (<i>Onchorhynchus keta</i>)	18:2n-6 dan 18:3n-3	1.0 untuk masing-masing
Coho salmon (<i>Onchorhynchus kisutch</i>)	18:2n-6 dan 18:3n-3	1.0 untuk masing-masing
Cherry salmon (<i>Onchorhynchus masou</i>)	18:3n-3 atau n-3	1.0
Arctic charr (<i>Salvelinus alpinus</i>)	HUFA	1.0-2.0

Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	18:3n-3	1.0
	18:2n-6	0.5-1.0
Ikan koan (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	18:3n-3	1.0 dan 0.5
Tilapia :	18:2n-6 dan 18:3n-3	
<i>Oreochromis zilli</i>	18:2n-6	1.0
<i>Oreochromis nilotica</i>	18:2n-6	0.5
Sidat (<i>Anguilla japonica</i>)	18:2n-6 dan 18:3n-3	0.5 untuk masing-masing
Ayu (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	18:3n-3 atau 20:5n-3	1.0
Ikan bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	18:2n-6 dan 18:3n-3	0.5 untuk masing-masing
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	18:3n-3	1.0-2.0
	n-3 HUFA	0.5-0.75

HUFA, highly unsaturated fatty acid.

GnRH yang dihasilkan bekerja untuk merangsang hipofisis dalam melepaskan gonadotropin. Gonadotropin yang dihasilkan nantinya berperan dalam proses biosintesis E2 pada lapisan granulosa. Siklus hormon terus berjalan di dalam tubuh ikan selama terjadinya proses vitelogenesis (Nagahama, 1983; Yaron, 1995).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi E2 akan meningkatkan konsentrasi vitelogenin darah dan konsentrasi E2 yang tinggi dijumpai pada saat vitelogenesis (Hassin *et al.*, 1991). Penelitian untuk melihat hubungan tersebut telah dilakukan pada ikan trout, *Salmo trutta* dan rainbow trout *Salmo gairdneri* (Hjartarson *et al.*, 1991), striped bass *Morone saxatilis* (Sullivan *et al.*, 1991), dan *Clarias macrocephalus* (Tan-Fermin *et al.*, 1997). Sintesis vitelogenin di hati sangat dipengaruhi oleh E2 yang merupakan stimulator dalam biosintesis vitelogenin. Selain itu, dipengaruhi juga oleh androgen seperti testosteron yang ada dalam tubuh ikan dan mungkin karena perubahan dari androgen menjadi estrogen oleh enzim aromatase folikel (Yaron, 1995). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa peningkatan GtH dapat meningkatkan E2, dan pola kadar E2 seiring dengan perkembangan telur (Yaron, 1995; Tan-Fermin *et al.*, 1997).

2.1.5 Peranan Hormon T4 dalam Reproduksi

Aktivitas setiap sel-sel tubuh memerlukan oksigen sehingga sebagian besar sel-sel itu memerlukan hormon tiroid. Dalam status defisiensi T4 pertumbuhan dan

perkembangan kelenjar seks biasanya akan terganggu dan mengalami retardasi. Defisiensi hormon tiroid menyebabkan ovarium dan testis menunjukkan gejala-gejala disfungsi akibat terjadinya degenerasi pada sel-selnya sehingga baik ovarium maupun testes mengalami atrofi.

Menurut Griffin (1996), kelenjar tiroid menghasilkan dua hormon asam iodoamino yaitu mono dan triiodotirosin, serta 3,5,3'-triiodotironin (T3) dan 3,5,3',5'-tetraiodotironin atau T4. T4 adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid yang disimpan dalam folikel serta mengandung unsur iodium (Djojosoebagyo, 1990). Lebih lanjut dikatakan bahwa T4 merupakan hormon yang berasal dari asam amino tirosin yang mengalami modifikasi melalui iodinisasi yakni pengikatan iodium pada asam amino tirosin dan penyatuan dua molekul diiodotironin (DIT) yang merupakan molekul dari asam amino tirosin. Konsentrasi T4 pada *Salmo gairdneri* enam kali lebih banyak dibandingkan triiodotironin (Donaldson *et al.*, 1979).

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa hormon T4 juga dapat meningkatkan kelangsungan hidup larva, misalnya penelitian pada ikan betutu (Banta, 1997). Pada ikan mas yang diteliti oleh Lam dan Sharma (1985), hormon T4 dapat menstimulasi perkembangan embrionik pada ikan mas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi T4 sebesar 0,01 ppm memberikan hasil terbaik bagi pertumbuhan dan perkembangan larva ikan mas. Diketahui beberapa jenis hormon cenderung ada pada telur-telur dan larva ikan. Keberadaan hormon T4 pada tahap awal hidup ikan teleostei secara tidak langsung menunjukkan bahwa hormon ini punya peranan dalam perkembangan ikan (Ayson dan Lam, 1993). Larva ikan beronang berumur 7 hari dari induk yang disuntik T4 sebesar 10 dan 100 µg/g bobot tubuh menunjukkan kelangsungan hidup yang lebih baik dibandingkan dengan induk kontrol dan induk yang disuntik T4 1 µg/g bobot tubuh. Penelitian yang lain menunjukkan bahwa penambahan hormon T4 dapat mempengaruhi pertumbuhan pada *Salmo gairdneri*, *Salmo trutta*, *Salvelinus fontinalis*, *Onchorhynchus kisutch*, *Lebistes reticulatus*, *Carassius auratus* dan *Mugil auratus* (Donaldson *et al.*, 1979).

2.1.6 Faktor Lain yang Mempengaruhi Kualitas Telur

Lewat matang (over ripe) pada telur dapat terjadi pada induk. Hal ini sangat penting untuk menentukan waktu pembuahan telur yang tepat setelah ovulasi. Lewat matang dapat menjadi masalah khususnya pada ikan yang pemijahannya harus diurut dan dibuahi secara buatan. Hasil dari beberapa penelitian mengenai fertilitas telur setelah ovulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Perubahan kadar lipid selama pematangan dan lewat matang telah banyak diteliti. Kjorsvik *et al.* (1990), mendapatkan bahwa telur-telur yang lewat matang mengandung lebih banyak lipid dibanding telur biasa. Selanjutnya dikatakan bahwa pada telur yang lewat matang kadar dari isi telurnya sama seperti gonad-gonad yang belum matang. Craik dan Harvey (1984) menemukan bahwa perubahan utama yang berhubungan dengan lewat matang pada telur rainbow trout adalah hilangnya sejumlah bahan, meningkatnya kadar air dan menurunnya protein penting.

Tabel 3. Daya hidup telur setelah ovulasi pada berbagai spesies (Kjorsvik *et al.*, 1990).

Spesies	Daya hidup setelah ovulasi	Temperatur (°C)
<i>Roccus saxatilis</i>	1jam	
<i>Salmo gairdneri</i>	10 hari	
	5-7 hari	10-12
<i>Salmo trutta</i>	4-6 hari	10
	< 28 jam	15
	> 76 jam	10
<i>Salvelinus alpinus</i>	7 hari	6.5
<i>Clarias macrocephalus</i>	10 jam	26-31
<i>Plecoglossus altivelis</i>	24 jam	
<i>Limanda yokohama</i>	48 jam	12±1
<i>Scophthalmus maximus</i>	10 jam	12-14
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	> 6 jam	4
<i>Gadus morhua</i>	9 jam	5
<i>Clupea harengus pallasi</i>	2 minggu	8-10
<i>Clupea harengu</i>	48 jam	4
	10-13 jam	0.8

Pertumbuhan gonad, fekunditas dan kemampuan telur diketahui sangat tergantung pada pengaruh lingkungan, seperti suhu, pakan, faktor-faktor stres dan fotoperiodisitas (Carrillo *et al.*, 1989; Aida *et al.*, 1991; Campbell *et al.*, 1991; Pankhurst dan Van Der Kraak, 1997). Selama gametogenesis suhu sangat penting untuk keberhasilan pemijahan dan daya hidup telur. Pepin *et al.* (1997) menyatakan bahwa suhu mempengaruhi

perkembangan telur dan pemijahan dari ikan Atlantik cod (*Gadus morhua*). Kjorsvik *et al.* (1990) menyimpulkan bahwa suhu penting untuk kualitas telur yang baik seperti pada ikan mas.

2.2 Kerangka Teoritis

Pematangan gonad pada ikan dipengaruhi oleh umur dan ukuran induk, pakan, hormon dan lingkungan. Pemilihan kualitas induk yang baik dengan umur dewasa kelamin yang tepat merupakan salah satu kunci keberhasilan pematangan gonad. Ukuran ikan saat pertama kali matang dalam setiap spesies berbeda, bahkan dalam satu spesies pun akan berbeda bergantung kepada kondisi ekologis lingkungan hidupnya (Sjafei *et al.*, 1992).

Telah diketahui bahwa asam lemak tak jenuh n-6 dan n-3 dapat meningkatkan kualitas telur. Peningkatan asam lemak tak jenuh n-6 dan n-3 dalam pakan diharapkan dapat meningkatkan kadar asam lemak dalam vitelogenin sehingga terjadi peningkatan kadar fosfolipid telur akhirnya dapat meningkatkan derajat penetasan dan derajat kelangsungan hidup larva.

Vitelogenesis terjadi karena adanya sinyal lingkungan yang mempengaruhi hipotalamus dalam merangsang hipofisis menghasilkan gonadotropin yang nantinya akan mempengaruhi sintesis testosteron yang akan diubah menjadi E2. E2 merupakan perangsang utama dalam biosintesis vitelogenin di hati. T4 berperan dalam menstimulasi anabolisme (Matty, 1985) dan membantu proses penyerapan vitelogenin oleh oosit. T4 sangat diperlukan dalam proses perkembangan embrio dalam fase perkembangan selanjutnya. Oleh karena itu T4 diduga dapat meningkatkan daya hidup larva.

2.3 Hipotesis

Apabila pakan dengan penambahan asam lemak n-6 dan n-3 dengan jumlah dan perbandingan yang tepat dapat meningkatkan kualitas vitelogenin maka kualitas fosfolipid telur meningkat sehingga daya tetas telur dan kelangsungan hidup larva meningkat.

Apabila pemberian hormon E2 dan T4 pada kondisi asam lemak n-6 dan n-3 yang optimal dapat meningkatkan sintesis dan penyerapan vitelogenin maka kualitas

fosfolipid dan T4 telur meningkat sehingga daya tetas telur dan kelangsungan hidup larva meningkat.