

**PERAN BIOLOGI REPRODUKSI IKAN
dalam BIOTEKNOLOGI PEMBENIHAN**

**oleh :
SUKENDI**

**PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR TETAP
BIDANG BIOLOGI PRODUKSI**

**JURUSAN BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS RIAU**

PEKANBARU, 29 MARET 2008



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Yang terhormat Bapak Rektor selaku Ketua Senat Universitas Riau, Para Anggota Senat Guru Besar Universitas Riau, Pimpinan Universitas dan Fakultas di lingkungan Universitas Riau, Segenap Civitas Akademika Universitas Riau. Yang terhormat Gubernur Riau atau Yang mewakili, DPR Riau atau Yang mewakili, Wali Kota Pekanbaru atau Yang mewakili, Kapolda Riau atau yang mewakili, Para tamu Undangan, Para Ilmuan, Intelektual, Birokrat, Budayawan, Teman Sejawat dan Keluarga serta Para Mahasiswa dan semua hadirin yang saya muliakan.

Untuk mengawali upacara pengukuhan Guru Besar ini yang pertama dan utama izinkanlah saya mengajak seluruh hadirin memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan nikmat umur dan kesehatan yang masih kita miliki yang diberikannya, serta nikmat lainnya yang tidak mungkin kita bisa hitung dan uraikan satu persatu yang telah kita terima sepanjang waktu, termasuk nikmat kesehatan pada hari yang berbahagia ini dalam rangka mengikuti rapat senat terbuka Universitas Riau. Salawat dan salam tidak lupa pula kita kirimkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW Allahummasali'ala Muhammad wa'ala ali Muhammad yang telah memiliki andil yang tidak terhingga terhadap peradapan umat manusia seperti yang kita rasakan pada hari ini.

Setiap makhluk hidup yang ada di alam akan selalu melakukan reproduksi yang merupakan salah satu mata rantai dalam siklus kehidupan yang hubungannya dengan mata rantai lainnya akan menjamin kelangsunghidupan makhluk hidup tersebut. Ikan yang merupakan makhluk hidup dimaksud termasuk hewan akuatik yang memiliki beberapa kelebihan sistem reproduksi bila dibandingkan dengan makhluk hidup lainnya, terutama hewan-hewan teritorial. Kelebihan tersebut antara lain adalah memiliki sel telur dengan jumlah yang banyak, bahkan sampai ratusan ribu sehingga

akan menghasilkan anak dengan jumlah yang banyak pula pada sekali proses reproduksi, memiliki masa inkubasi yang singkat sehingga dalam waktu yang singkat telur yang telah dibuahi akan segera lahir/menetas menjadi calon anak, serta memiliki fertilisasi eksternal (pembuahan diluar tubuh) sehingga manipulasi terhadap fertilisasi mudah dilakukan.

Dengan adanya kelebihan-kelebihan sistem reproduksi tersebut di atas maka kelestarian dari ikan di perairan alami juga akan mudah terganggu bila pemanfaatannya tidak memperhitungkan sistem reproduksi hewan tersebut. Optimalisasi pemanfaatan sumberdaya perairan tidak bisa dilakukan hanya dengan moderisasi alat tangkap, sehingga ikan banyak tertangkap, tetapi juga harus mempertimbangkan kemungkinan kelanjutan keturunan ikan tersebut melalui sistem reproduksi yang ada. Pemanfaatan sumberdaya perairan tidak hanya dapat dilakukan dengan menangkap ikan dari perairan, tetapi juga dapat dilakukan dengan membudidayakan ikan-ikan tersebut yang sebelumnya menemukan bioteknologi pembenihannya untuk menghasilkan benih yang berkualitas dalam usaha budidaya.

Menangkap dan mengkonsumsi seekor induk ikan yang sedang matang gonad dari alam berarti secara tidak langsung sudah melakukan pembunuhan terhadap ratusan ribu calon anak ikan tersebut yang seharusnya bakal ditetaskan untuk menjamin kelangsunghidupannya. Beberapa puluh tahun yang lalu masyarakat di Propinsi Riau sangat bangga dengan ikan terubuk yang banyak dijumpai di Selat Bengkalis. Sakinkan bangganya ikan tersebut yang dijual di pasaran bukanlah ikannya, melainkan telur dari ikan tersebut yang selalu disantap oleh para konsumen yang tidak mengerti dengan sistem reproduksi. Hal ini merupakan salah satu contoh pemanfaatan sumberdaya perairan yang tidak memperhitungkan sistem reproduksi. Manusia lupa dengan mengkonsumsi satu kantong ovarium ikan terubuk yang didalamnya terdapat ratusan ribu butir telur berarti sudah memusnakan ratusan ribu pula calon anak ikan tersebut yang bakal akan ditetaskan diperairan. Pemanfaatan sumberdaya ikan terubuk yang sedemikian rupa membuat masyarakat Riau saat ini miskin akan ikan tersebut, bahkan janggankan telurnya, ikannyapun susah untuk dijumpai di perairan alam saat ini.

Berkenaan dengan kenyataan tersebut di atas, maka saya sebagai Guru Besar tetap dalam bidang Ilmu Biologi Produksi pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau akan menyampaikan orasi ilmiah dalam pengukuhan ini dengan judul "**Peran Biologi Reproduksi Ikan dalam Bioteknologi Pembenihan**".



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
I. PENDAHULUAN	1
II. VITELOGENESIS REPRODUKSI TERPENTING PADA IKAN	4
2.1. Pola Umum Pembentukan Vitelogenin	4
2.2. Proses Sintesis Estradiol-17 β	5
2.3. Peranan Estradiol-17 β dalam sintesis Vitelogenin	6
2.4. Pengaruh Lain dari Estradiol-17 β	12
2.5. Transfor dan penyerapan Vitelogenin	14
2.6. Kandungan Oosit yang telah menerima Vitelogenin dari darah	16
III. BIOTEKNOLOGI PEMBENIHAN	20
3.1. Pra Pemijahan	22
3.2. Pemijahan	28
3.3. Paska Pemijahan	33
IV. PERAN BIOLOGI REPRODUKSI IKAN DALAM BIOTEKNOLOGI PEMBENIHAN	34
4.1. Ginogenesis	34
4.2. Poliploidisasi	40
4.3. Manipulasi Hormon dalam proses perubahan jenis kelamin (Sex Reversal)	45
V. PENUTUP	
DAFTAR PUSTAKA	
UCAPAN TERIMAKASIH	
RIWAYAT HIDUP	



PENDAHULUAN

Secara umum dalam fungsi reproduksi, ikan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu jantan dan betina (biseksual). Perbedaan kedua jenis kelamin tersebut dapat dilihat dari ciri-ciri seksual primer dan ciri-ciri seksual sekunder. Ciri-ciri seksual primer dapat diketahui dengan melakukan pembedahan dan melihat organ yang berhubungan langsung dengan proses reproduksi, yaitu testes dan salurannya pada ikan jantan dan ovarium dengan salurannya pada ikan betina. Ciri-ciri seksual sekunder dapat diketahui dari bentuk luar (morfologi).

Reproduksi merupakan salah satu mata rantai dalam siklus kehidupan yang hubungannya dengan mata rantai lainnya akan menjamin kelangsungan hidup spesies (Nikolsky, 1963). Menurut Effendie (1978) pada proses reproduksi, sebelum terjadi pemijahan sebagian besar hasil metabolisme tertuju untuk perkembangan gonad. Gonad semakin bertambah berat diimbangi dengan semakin bertambahnya ukuran ikan. Secara garis besar, perkembangan gonad ikan dibagi atas dua tahap perkembangan utama, yaitu tahap pertumbuhan gonad hingga ikan mencapai tingkat dewasa kelamin (*sexually mature*) dan tahap pematangan produk seksual (gamet). Tahap pertumbuhan berlangsung sejak ikan menetas atau lahir hingga mencapai dewasa kelamin, dan tahap pematangan berlangsung setelah ikan dewasa. Proses pematangan akan terus berlangsung dan akan berkesinambungan selama fungsi reproduksi ikan berjalan normal (Lagler, Bardach, Miller and Passino, 1977; Harvey and Hoar, 1979; Davy and Chouninard, 1980).

Selama proses perkembangan gonad baik pada tahap pertumbuhan maupun tahap pematangan, gonad ikan akan mengalami serangkaian perubahan secara sitologik, histologik dan morfologik, sejalan dengan ini gonad juga akan mengalami perubahan berat, volume dan morfologi. Biasanya indikator dalam menentukan sampai sejauh mana perkembangan yang telah dialami oleh gonad dalam proses oogenesis pada ikan betina atau spermatogenesis pada ikan jantan selalu menggunakan perubahan berat, volume dan morfologi gonad yang terjadi. Tingkat kematangan gonad tertinggi terjadi pada saat ikan akan melakukan pemijahan, pada saat tersebut telur di dalam ovarium atau

spermatozoa dalam testis juga akan mencapai ukuran yang maksimum.

Masalah dalam pengadaan benih ikan umumnya terletak pada penguasaan siklus reproduksinya, terutama proses reproduksi yang terjadi pada induk ikan betina. Kusus untuk ikan betina, proses reproduksi yang memegang peranan penting dalam menghasilkan calon induk untuk dipijahkan adalah tahap vitelogenesis (Nagahama, 1987; Aida *et al.*, 1991). Menurut Tyler *et al* (1988) vitelogenesis adalah proses induksi dan sintesis vitelogenin di hati oleh hormon estradiol-17 β , serta penyerapan vitelogenin yang terbawa aliran darah kedalam oosit secara berurutan dan teratur. Sehingga hati merupakan organ yang memiliki protein-protein pengikat yang sangat spesifik terhadap estradiol-17 β dan memiliki respon terhadap rangsangan hormonal tersebut dengan mensintesis dan mensekresikan vitelogenin kedalam darah.

Vitelogenin adalah bakal kuning telur yang sebelum ditimbun terlebih dahulu dipecah menjadi komponen lipovitelin dan fosvitin di dalam kuning telur. Pan *et al* (1969) adalah orang yang pertama kali memberi nama senyawa tersebut dengan istilah "Vitelogenin". Aktivitas pembentukan vitelogenin di hati menyebabkan nilai Gonadosomatik Indeks (GSI) dan Hipotosomatik Indeks (HSI) ikan akan semakin meningkat (Schutz, 1984; Cerda *et al.*, 1996). Dimana peningkatan nilai GSI dan HSI ini digunakan untuk menilai tingkat kematangan gonad pada ikan betina.

Berat molekul vitelogenin berkisar antara 200 k Da sampai 450 k Da atau 600 K Da pada ikan salmon (Yaron, 1995). Selain vitelogenin oosit ikan yang sedang berkembang juga menimbun berbagai jenis senyawa lain baik dalam jumlah kecil atau besar yang memainkan peranan terpadu dalam perkembangan normal embrio dan larva ikan. Senyawa tersebut antara lain glikogen, lictin, sialoglikoprotein, ester lilin dan ester steryl (Mommsem dan Walsh, 1988).

Keberhasilan proses pembentukan vitelogenin akan menentukan kelangsungan hidup embrio dan larva ikan, sehingga terdapat hubungan positif antara ukuran telur dengan kelangsungan hidup larva. Larva hasil penetasan akan dapat hidup dan berkembang dengan baik bila memiliki kandungan kuning telur yang cukup. Menurut Bagenal (1969) benih ikan brown trout yang berasal dari telur yang berukuran besar mempunyai daya hidup yang lebih tinggi daripada benih ikan yang berasal dari telur yang berukuran kecil. Hal ini disebabkan karena kandungan kuning telur merupakan sumber nutrisi dan energi utama bagi ikan selama periode endogenous feeding (Kamler, 1992), yaitu mulai dari saat fertilisasi hingga larva mulai memperoleh pakan dari luar. Kandungan kuning telur yang diserap merupakan materi dan energi bagi larva untuk pemeliharaan, pertumbuhan, diferensiasi dan aktivitas rutin larva.

Menurut Heming dan Buddington (1988) penyerapan kuning telur pada ikan dapat dibedakan menjadi tiga fase, yaitu 1) fase sebelum menetas (prehatch phase), ditandai dengan laju penyerapan yang lambat namun meningkat dengan tetap, 2) fase setelah menetas (poshatch phase) ditandai dengan laju penyerapan yang cepat dan relatif konstan dan 3) fase penyerapan akhir (terminal phase of absorption) ditandai dengan laju penyerapan yang lambat dan diduga disebabkan oleh berkurangnya luas permukaan sejalan dengan penyusutan kantong kuning telur dan perubahan komposisi kuning telur.

Pada induk ikan jantan, proses reproduksi yang memegang peranan penting dalam menghasilkan calon induk untuk dipijahkan adalah tahap spermatogenesis. Proses ini meliputi penggandaan/proliferasi spermatogonia melalui pembelahan mitosis yang berulang-ulang dan membentuk spermatosit primer, selanjutnya mereduksi (meiosis) membentuk spermatosit sekunder. Spermatosit sekunder membelah menjadi spermatid yang selanjutnya mengadakan metamorfose menjadi gamet yang bergerak (motil) disebut dengan spermatozoa. Proses metamorfosa spermatid menjadi spermatozoa disebut dengan spermatogenesis.

Proses reproduksi yang terjadi pada ikan dapat dijadikan sebagai dasar dalam melakukan bioteknologi pembenihan terutama untuk menghasilkan benih yang cukup, baik jumlah, kualitas maupun jenis kelamin yang diinginkan. Reproduksi yang sangat dipentingkan untuk melakukan bioteknologi pembenihan tersebut adalah reproduksi yang terjadi pada ikan betina, karena kendala yang selalu ditemukan dalam bioteknologi tersebut adalah proses pembentukan vitelogenin yang akan menentukan tingkat kematangan gonad dan jumlah sel telur yang siap untuk dipijahkan. Bioteknologi pembenihan yang telah berhasil dilakukan pada ikan adalah 1) teknik ginogenesis yaitu proses produksi embrio dari telur-telur yang dibuahi oleh sperma tanpa sumbangan bahan genetik jantan, 2) teknik poliploidisasi yaitu proses atau kejadian terbentuknya individu yang poliploid, dimana poliploid adalah somatik sel yang mempunyai tiga (teriploid), empat (tetraploid), lima (pentaploid) atau lebih sel kromosom tanpa ditemukan dua kromosom (diploid), dan 3) sex reversal yaitu metode untuk mengubah arah diferensiasi kelamin ikan secara buatan dari yang seharusnya jantan menjadi betina atau sebaliknya.



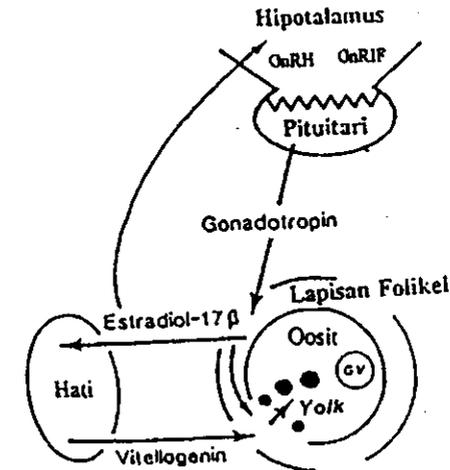
VITELOGENESIS REPRODUKSI TERPENTING PADA IKAN

2.1. Pola umum pembentukan vitelogenin

Rangsangan hormonal dalam proses terbentuknya vitelogenin dimulai dari adanya isyarat-isyarat lingkungan seperti fotoperiod, suhu, aktivitas makanan dan faktor sosial yang semuanya akan merangsang hipotalamus untuk mensekresikan Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH). GnRH yang disekresikan ke dalam darah akan merangsang hipofisa untuk mensekresikan hormon-hormon gonadotropin (GtH) (Peter, 1983; Lely dan Stancy, 1983 dalam Mommsen dan Walsh, 1988). Hormon gonadotropin (GtH) yang dihasilkan oleh hipofisa karena adanya rangsangan dari hormon Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH) oleh hipotalamus akan memberikan respon terhadap ovari untuk meningkatkan produksi estrogen (estradiol- 17β dan estron), yang selanjutnya disekresikan ke dalam aliran darah. Estrogen seterusnya diangkut menuju jaringan sasaran yaitu hati melalui cara difusi dan di dalam hati secara spesifik akan merangsang vitelogenesis. Nagahama (1987), Yaron (1995) dan Cerda *et al* (1996) menyatakan bahwa vitelogenin hasil sintesis ini disekresikan kembali oleh hati ke dalam darah dan secara selektif vitelogenin akan diserap oleh oosit.

Estradiol- 17β yang terdapat dalam darah memberikan rangsangan balik terhadap hipotalamus. Rangsangan yang diberikan estradiol- 17β terhadap hipotalamus adalah rangsangan dalam memacu produksi GnRH. GnRH yang dihasilkan bekerja untuk merangsang hipofisa dalam memproduksi gonadotropin. Gonadotropin yang dihasilkan akan berperan dalam proses biosintesis estradiol- 17β pada lapisan granulosa. Namun bila gonadotropin telah cukup untuk pematangan gonad, maka rangsangan yang diberikan estradiol- 17β terhadap hipotalamus adalah rangsangan dalam memacu produksi Gonadotropin Releasing Inhibitor Faktor (GnRIF) yang akan menghambat hipofisa dalam memproduksi hormon gonadotropin. Siklus ini terus berjalan di dalam tubuh ikan selama terjadinya proses vitelogenesis. yang menurut Cerda *et al.* (1996) pengaturan hormonal dari vitelogenin pada ikan teleostei dapat pula digambarkan seperti terlihat pada Gambar 1. Pada saat berlangsungnya

vitelogenesis, granula kuning telur bertambah dalam jumlah dan ukuran, sehingga menyebabkan volume oosit akan semakin membesar.



Gambar 1. Pengaturan hormonal dari vitelogenesis pada ikan teleostei (Cerda *et al.*, 1996)

2.2. Proses sintesis estradiol- 17β

Estradiol- 17β adalah estrogen utama pada ikan betina, hal ini telah diteliti pada ikan salmonid (Scott *et al.*, 1982 dalam Schulzt, 1984). Konsentrasi hormon-hormon steroid seks (estradiol- 17β dan estron) selama siklus reproduksi tahunan ikan lele betina (*Clarias batrachus* L) rendah selama fase pravitelogenik, dan meningkat secara cepat pada fase vitelogenik serta mencapai puncaknya pada akhir fase vitelogenik, begitu juga konsentrasi testosteron yang meningkat selama fase vitelogenik (Nayak dan Sing, 1992). Testosteron diduga berperan sebagai substrat untuk biosintesis estradiol- 17β , terbukti dari studi *in vitro* yang dilakukan Kagawa (1982) menyatakan bahwa permukaan granulosa ikan amago salmon bekerjasama dengan permukaan sel teka dalam mensintesis estradiol- 17β , dibawah pengaruh gonadotropin. Sel-sel teka menghasilkan androgen (testosteron dan androstenedione) yang selanjutnya diubah menjadi estradiol- 17β dengan bantuan enzim aromatase. Kenyataan ini telah dibuktikan juga oleh Nagahama (1987) pada ikan-ikan teleostei dan Yaron (1995) pada ikan mas. Pada ikan-ikan tersebut diatas lapisan teka dari folikel oosit melakukan semua tahapan steroidogenik dalam pembentukan testosteron, selanjutnya testosteron masuk ke dalam permukaan granulosa yang kemudian dirobah menjadi estradiol- 17β .

Proses steroidogenesis yang terjadi didalam tubuh ikan dapat digambarkan sebagai berikut : proses steroidogenesis dimulai dari pemecahan kolesterol menjadi pregnenolon, Pregnenolon kemudian diubah menjadi progesteron. Proses perubahan pregnenolon dibantu oleh enzim 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase (3 β -HSD). Selanjutnya progesteron ini dirubah menjadi 17 β -hydroxyprogesteron dengan bantuan enzim 17 β -hydroxylase. Selama vitelogenesis berlangsung, 17 β -hydroxyprogesteron diubah menjadi androstenedion. Proses ini dibantu oleh enzim C 17- C 20 lyase. Androstenedion kemudian diubah menjadi testosteron. Sintesis testosteron ini dibantu oleh enzim 17 β -hydroxysteroid-dehydrogenase (17 β -HSD). Proses perubahan dari kolesterol menjadi testosteron terjadi didalam lapisan teka pada folikel oosit. Kemudian testosteron yang dihasilkan oleh lapisan teka ini masuk ke dalam lapisan granulosa. Didalam lapisan granulosa testosteron diubah menjadi estradiol-17 β , sehingga selama vitelogenesis berlangsung konsentrasi estradiol-17 β didalam tubuh ikan akan tinggi. Sintesis estradiol-17 β ini dibantu oleh enzim aromatase. Pada waktu terjadi pematangan oosit, 17 α -hydroxyprogesteron yang dihasilkan oleh lapisan teka menyebar kedalam lapisan granulosa pada folikel oosit. Didalam lapisan ini 17 α -hydroxyprogesteron diubah menjadi 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one (17 α , 20 β -diOHProg). Proses ini dibantu oleh enzim 20 β -hydroxysteroid dehydrogenase (20 β -HSD) (Nagahama, 1987; Yaron, 1995; Vanston *et al.*, 1996).

2.3. Peranan estradiol - 17 β dalam sintesis vitelogenin

Vitelogenin disintesa di sel hati, yaitu pada bagian retikulum endoplasma kasar, yang selanjutnya dimodifikasi, dikemas ke dalam aparatus golgi dan disekresikan ke dalam aliran darah. Dengan adanya pengaruh hormon-hormon pituitari, sel folikel akan melepaskan estrogen ke dalam aliran darah. Estrogen akan memasuki sel hati dengan cara difusi. Selanjutnya terjadi pembentukan vitelogenin pada retikulum endoplasma kasar, dimodifikasi, dikemas ke dalam aparatus golgi dan disekresikan ke dalam aliran darah. Vitelogenin asal darah terikat pada protein reseptor spesifik yang ada pada membran oosit, kemudian diserap melalui mikropinositosis dan dipindahkan ke microvesicular body. Sebelum penimbunan akhir dalam kuning telur, vitelogenin di pecah menjadi komponen-komponen lipovitelin dan fosvitin.

Djojosoebagio (1990) mengemukakan bahwa agar efek hormon-hormon steroid ini dapat dimanifestasikan dalam bentuk proses-proses atau fenomena biologis maupun fisiologis maka mutlak kompleks hormon steroid reseptor dalam stoplasma di aktifkan menjadi kompleks hormon

steroid dalam inti. Dalam inti hormon kompleks yang telah diaktifkan ini akan terikat pada reseptor yang terdapat dalam kromatin, bila kenyataan ini telah tercapai dengan baik maka mulailah suatu rangkaian sintesis mRNA dan protein yang spesifik.

Sistem umpan balik antara ovari dan hati yang melibatkan estrogen dan vitelogenin pada ikan ini juga sama dengan kerja estrogen pada sel-sel target ovidak pada ayam. Interaksi kompleks hormon reseptor dengan DNA menyebabkan penyesuaian ekspresi gen-gen spesifik. Pemberian hormon estradiol kepada ikan betina atau jantan pradewasa, menyebabkan pengaktifan spesifik terarah pada gen vitelogenin yang terletak pada bagian ujung DNA, yang merupakan titik pengikatan aktual kompleks reseptor hormon, sehingga reseptor estrogen dianggap sebagai protein pengatur gen.

2.3.1. Peranan estrogen pada sel-sel hati

Estradiol atau hormon steroid lain memasuki sel hati melalui difusi dan terikat pada protein reseptor yang berbentuk sitosolit spesifik. Selanjutnya kompleks estrogen reseptor mengalami transformasi dari bentuk terikat non DNA menjadi bentuk yang secara aktif dan pasif pindah lokasi ke inti sel. Estrogen mengikat protein reseptor sitosolik 5 S di dalam sel hati. Selama pindah lokasi dari sitosol ke inti, reseptor yang ditempati estrogen (komplek estrogen reseptor) berubah dari 5-S menjadi 4-S dan mempunyai daya ikat tinggi terhadap kromatin.

Pada model inti (nuclear model), estrogen memasuki sel hati dan mengikat protein reseptor inti yang sangat spesifik. Komplek estrogen reseptor menunjukkan daya ikat yang tinggi terhadap kromatin, melekat pada sisi-sisi spesifik DNA dan objek-objek lain yang akan mengaktifkan gen vitelogenin. Hati nonvitelogenik dari salmon Atlantik jantan (*Salmo salar*) mengandung protein pengikat estrogen spesifik berdaya ikat tinggi di dalam sitosolik, sedangkan inti sel hati menunjukkan rendahnya kadar komponen-komponen pengikat estradiol berdaya ikat tinggi.

Hati teleostei merupakan sumber paling kaya akan reseptor spesifik bila dibandingkan dengan vertebrata yang lain, sehingga sering dijadikan untuk mempelajari sistem model yang ideal dalam menganalisis secara mendetail mekanisme interaksi hormon reseptor dan reseptor kromatin vertebrata tingkat rendah. Protein reseptor ikan mirip dengan reseptor dari vertebrata lain, seperti reseptor pada ikan salmon dicirikan dengan tingginya kespesifikan untuk estradiol dan tidak mengikat progesteron, hidrokortisol atau dihidrotestosteron. Pada rainbow trout, pemberian estron menyebabkan rangsangan sintesis vitelogenin dalam hati dan pelepasannya ke dalam aliran darah, tetapi kemampuan estron hanya 5

% sampai 12 % dari kemampuan estradiol (Van Bahemen *et al.*, 1982 a,b dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

Dalam siklus tahunan rainbow trout, menunjukkan bahwa konsentrasi dan rasio estrogen dan estron terendah pada hati, walaupun konsentrasi kedua jenis estrogen ini didalam darah meningkat selama vitelogenesis awal. Van Bohemen dan Lambert (1981) dalam Mommsen dan Walsh (1988) menyatakan bahwa pada fase pertama vitelogenesis selalu didominasi oleh estron, yang meningkat menjadi 10 kali lipat, selanjutnya tahap akhir vitelogenesis, konsentrasi estradiol didalam darah meningkat menjadi 60 nm/ml yang menunjukkan peningkatan 60 kali lipat.

Selain estrogen, ternyata androgen dapat pula menimbulkan respon vitelogenik pada ikan teleostei, walaupun hanya diberikan pada dosis farmakologis (Le Menn, 1979; Hori *et al.*, 1979 dalam Mommsen dan Walsh, 1988). Sebaliknya androgen yang berdosisi tinggi diberikan pada juvenil salmo menguatkan proses pematangan beberapa ikan (Solar *et al.*, 1980 dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

2.3.2. Protein pengikat plasma

Hormon steroid yang dilepaskan oleh sel-sel ovarium dan diangkut menuju jaringan sasaran melalui peredaran darah dapat pula diikat oleh plasma ikan sampai derajat tertentu. Bila dilihat spesifik dan sifat-sifat protein pengikat steroid dalam plasma dengan reseptor steroid memang berbeda, namun fungsinya adalah sebagai buffer untuk menyanggah konsentrasi steroid bebas dalam kondisi steroid tinggi, sehingga tidak memerlukan waktu untuk melakukan sintesis basis. Pada plasma *Salmo salar* terdapat dua pengikat estradiol, yang satu dengan daya ikat tinggi dan yang lainnya dengan daya ikat rendah terhadap estradiol. Lazier *et al.*, (1985) dalam Mommsen dan Walsh, (1988) menyatakan bahwa androgen dihidrotestosteron maupun progesteron dan estron menunjukkan daya ikat cukup tinggi terhadap pengikat plasma, yang secara in vivo dan in vitro akan bersaing dengan estradiol. Dikatakan juga bahwa tidak ada persaingan di dalam hati antara antiestrogen 4 - hydroxytamoxifen dengan estrogen untuk mengikat pengikat estrogen berdaya ikat tinggi di dalam plasma.

2.3.3. Beberapa perubahan yang terjadi di hati berkaitan dengan proses pembentukan vitelogenin.

Secara alami ikan yang sedang melakukan proses pembentukan vitelogenin mempunyai laju sintesis protein hati yang lebih tinggi dari pada ikan yang tidak melakukan proses tersebut. Dengan memberikan

estrogen secara invivo dan invitro maka dapat dilihat beberapa perubahan yang terjadi di hati bersamaan dengan proses vitelogenin. Seperti pada ikan red grouper (*Epinephelus akaara*), beberapa perubahan yang terjadi di hati berkaitan dengan proses vitelogenin adalah pengembangan nuclear envelope cisternal (kantong air selubung inti), pembengkakan mitokondria dan penampungan bahan-bahan retikulum endoplasma kasar, aparatus golgi serta gelembung sekresi (Ng *et al.*, 1984 dalam Mommsen and Walsh, 1988). Terjadinya peningkatan nilai Hepatosomatik Indek (HSI) disebabkan karena adanya peningkatan lipida sel dan kandungan air. Hasil penelitian Korsgaard *et al.* (1986); Korsgaard dan Petersen, (1976) dalam Mommsen and Walsh, (1988) menunjukkan bahwa dengan pemberian estrogen pada salmon Atlantik akan meningkatkan jumlah inti total, RNA total dan protein hati. Dikatakan juga meningkatnya volume dan bobot hati disebabkan karena meningkatnya jumlah RNA seluler.

Pemberian estrogen akan berperan dalam perbanyakan organel sel, seperti retikulum endoplasma, aparatus golgi serta mitokondria, pengkodean gen untuk struktur-struktur tersebut diaktifkan sehingga dengan pemberian estrogen menyebabkan peningkatan aktifitas penerjemahan yang melibatkan mRNA. Estradiol juga dapat mengorganisasi metabolisme sel dan aktifitas biosintesa pada tingkat yang berbeda.

Perlakuan estrogen pada ikan juga membantu metabolisme untuk menyediakan sejumlah besar energi dan menurunkan tenaga yang diperlukan untuk mensintesis protein dan lipida (Ng *et al.* 1984). Dikatakan juga bahwa terdapat peningkatan yang nyata dan besar kadar transaminase dan enzim yang diperlukan untuk siklus Krebs dan glikolisis. Perubahan-perubahan ultrastruktur dan biokimia yang terjadi di sel hati selama vitelogenesis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan-perubahan ultrastruktur dan biokimia yang terjadi di sel hati selama vitelogenesis (Mommssen dan Walsh, 1988)

Penurunan sementara protein reseptor estrogen sitosolik
 Perangsangan protein reseptor estrogen inti
 Peningkatan indeks hepatosomatik akibat hiperplasia atau hypertrophy
 Perbanyakkan aparatus Golgi
 Peningkatan cisternae (kantong air selubung inti)
 Sintesis ribosom
 Pelengkapan polysoma
 Peningkatan retikulum endoplasma kasar
 Pembengkakan mitokondria
 Pemunculan spesies baru mRNA (vitelogenin)
 Peningkatan aktifitas sintesis protein
 Sintesis vitelogenin
 Peningkatan RNA selular
 Peningkatan metabolisme lipida
 Penambahan output very low density lipoprotein (VLDL)
 Penurunan kandungan glikogen per sel
 Peningkatan enzim-enzim metabolik
 Peningkatan jumlah DNA hepatic
 Peningkatan kadar air hati

2.3.4. Molekul dan komponen vitelogenin

Secara biokimia terdapat perbedaan karakteristik molekul dalam beberapa parameter dari sejumlah ikan, seperti berat molekul, derajat fosforilasi derajat lipidasi atau komposisi sub unit. Komponen utama dari vitelogenin adalah protein, disintesis di ribosoma yang terikat membran dan disekresikan dari sel hati. Molekul-molekul ini difosforilasi, diglikolisasi dan difosforilasi, yang semua proses ini dilakukan pada bagian membran retikulum endoplasma. Vitelogenin ikan mengandung sejumlah gugus fosfat, beberapa diantaranya berupa fosfat protein, komponen ini dalam oosit matang didapatkan berupa fosvitin. Secara umum komponen ini difosforilasi pada bagian serin, karena derajat fosforilasi vitelogenin ikan yang telah dilipidasi berkisar antara 0,6 - 0,7 % menyebabkan konsentrasi serin akan lebih rendah. Ikan betina vitelogenik mengandung antara 20 dan 100 mikrogram fosfor protein dalam setiap ml plasma, sedangkan pada ikan jantan yang tidak diberi perlakuan hanya mengandung kurang dari 5 mikrogram fosfat protein dalam setiap ml plasma (Craik dan Harvey, 1984 dalam Mommsem dan Walsh, 1988).

Fosfat ada juga berasal dari induk betina yang memasokkannya berupa fosfat dan fosfolipida pada oosit. Komponen fosfat protein bermuatan tinggi, sehingga molekul vitelogenin mempunyai kemampuan yang tinggi untuk mengikat ion. Pada ikan teleostei vitelogenin secara efisien akan mengikat ion seperti kalsium, magnesium, atau besi, hal ini merupakan cara yang penting untuk memasok mineral bagi oosit yang sedang tumbuh.

Komponen yang lain dalam vitelogenin ikan adalah lipida, tetapi jumlahnya lebih sedikit bila dibandingkan dengan fosfat. Namun bila dibandingkan dengan vertebrata lainnya, ternyata molekul vitelogenin ikan mengandung lipida dua kali lipat lebih besar. Kandungan lipida pada vitelogenin berkisar kira-kira 20 %, kandungan ini tergantung pada pola hidup dan makanan kesukaan, seperti pada ikan mas koki 21 %, ikan rainbow trout 21 %, sea trout 19 % dan pada ikan elasmobranchii dogfish 18 %. Hori *et al.* (1979) dalam Mommssen and Walsh, (1988) menyatakan bahwa komponen lipida pada vitelogenin ini akan membentuk bagian lipovitelin kuning telur, yang dapat digolongkan sebagai polar lipid (lipida kutup). Hasil penelitian Fremont (1984) menunjukkan bahwa manipulasi asam lemak bebas di dalam pakan untuk ikan trout menyebabkan perubahan komposisi asam lemak dalam lipida serum, yang merupakan proses penting dalam vitelogenesis.

Vitelogenin ikan juga mengandung karbohidrat namun belum banyak diketahui jumlah, sifat dan rantai komponennya. Pada rainbow trout yang telah diberi perlakuan estradiol ternyata vitelogenin hanya dapat dideteksi di dalam darah, bukan di dalam hati, hal ini membuktikan bahwa vitelogenin dengan cepat disekresikan setelah disintesis.

Sel hati ikan dalam suspensi atau dalam kultur primer sangat peka terhadap estrogen dan sel-sel hati yang diisolasi tersebut akan mensintesis dan mensekresikan vitelogenin secara invitro. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat dibuat suatu gambaran tentang urutan kejadian di hati selama vitelogenesis. seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Gambaran tentang urutan kejadian di hati selama vitelogenesis (Mommssen dan Walsh, 1988)

1.	Lingkungan inti Pengaktifan gen vitelogenin melalui pengikatan kompleks reseptor hormon pada daerah spesifik DNA inti Penyialitan dan kemunculan salinan primer dalam lingkungan inti Pengolahan salinan primer Pemindahan lokasi ke sitoplasma
2.	Retikulum endoplasma Pelengkapan polysoma Penerjemahan mRNA vitelogenin Pengolahan subunit previtelogenin Fosforilasi pada residu serin Lipidasi Pemindahan lokasi ke retikulum endoplasma halus
3.	Retikulum endoplasma halus Fosforilasi lanjutan pada residu serin Pemindahan lokasi ke aparatus Golgi
4.	Aparatus Golgi Glikosilasi Munnsasi N-acetylglucosamine N-acetylneuraminic acid Lipidasi Peningkatan peptida Dinonnsasi Fosforilasi pada residu serin Sekresi ke dalam peredaran darah

2.4. Pengaruh lain dari estradiol - 17 β

Estradiol-17 b di dalam hati bukan hanya berperan dalam pengaktifan gen vitelogenik, tetapi dapat juga mengaktifkan gen-gen lain seperti yang terjadi pada ayam, aksi ini juga memberi kode bagi apo VLDLII-VLDL (very- low-density lipoprotein) pada ayam yang sedang bertelur serta berbagai protein pengikat vitamin. Pengaruh lain yang ditimbulkan oleh estradiol-17b pada beberapa organ vertebrata tingkat rendah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa gen yang dipengaruhi oleh estradiol - 17 β pada beberapa vertebrata berkaitan dengan vitelogenin (Mommsen dan Walsh, 1988)

Protein	Organ	Organisme	Efek
Ovalbumin	Oviduct	Burung	Merangsang
Lysozyme			Merangsang
Gnalbumin			Merangsang
Ovomucoid			Merangsang
Avidin			Merangsang
Vitelogenin	Hati	Vertebrata ovipar <i>Xenopus, Oncorhynchus nerka</i>	Merangsang
Albumin			Menekan
ApoB, Apoll (VLDL)		Ayam, Teleostei	Merangsang
Protein pengikat vitamin		Burung	Merangsang
- Biotin			Merangsang
- Thiamin			Merangsang
- Cobalamin			Merangsang
- Riboflavin			Merangsang
Transferrin		Teleostei, ayam	Merangsang
Receptor estrogen			Merangsang

Estradiol juga memberikan efek negatif terhadap protein-protein tertentu dalam darah, seperti pada beberapa vertebrata dengan pemberian estradiol akan dapat menurunkan secara nyata konsentrasi albumin yang sedang beredar di dalam darah, yaitu pada *Xenopus* jantan seperti terlihat pada Tabel 4. Wolfe *et al.* (1985) dalam Mommsen dan Walsh (1988) mengemukakan bahwa ada dua aksi yang ditimbulkan oleh estradiol sehingga menyebabkan menurunnya kadar albumin pada *Xenopus*, yaitu : (1) Estradiol menyebabkan penghilangan rangsangan terhadap penyalinan dua gen yang memberi kode bagi albumin yang lebih besar dan melimpah, (2) Estradiol menyebabkan perusakan kestabilan RNA messenger bagi albumin, yang mengakibatkan penurunan waktu paruh aktual mRNA. Pada ikan penurunan konsentrasi albumin akibat pengaruh estradiol dialami oleh ikan sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) yang

bersifat vitelogenik alami selama migrasi pemijahannya.

Pada ikan ada dua kemungkinan yang disebabkan oleh perlakuan estradiol, yaitu (1) pada ikan yang menimbun lipida di dalam hati, seperti ikan cod dan blenny, estradiol akan menyebabkan mobilisasi cadangan lipida intra hepatic dan kemudian meningkatkan output VLDL dari hati, (2) pada ikan yang menggunakan tempat diluar hati untuk menimbun lipida, seperti ikan salmon estradiol pertama merangsang mobilisasi lipida ekstra hepatic yang selanjutnya menyerapnya ke dalam hati yang menyebabkan peningkatan output VLDL dari hati.

Ikan betina vitelogenik killifish (*F. heteroclitus*) atau ikan jantan yang disuntik estrogen mengandung lebih sedikit glikogen di dalam hati dari pada ikan jantan yang tidak disuntik (Selman dan Wallace, 1988). Begitu juga ikan vitelogenik pada ikan teleostei yang disuntik dengan estradiol umumnya mengandung lebih sedikit glikogen di hati dari pada ikan yang tidak disuntik. Pada grouper perangsangan vitelogenesis akan meningkatkan glikogen hepatic secara nyata. Ikan sockeye salmon (*O. nerka*) akan mencapai konsentrasi maksimum glikogen hati pada akhir migrasi pemijahan yang selanjutnya akan dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi proses pemijahan (French *et al.*, 1983 dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

Aksi lain yang ditimbulkan oleh estradiol adalah hypercalcemia (kelebihan kalsium dalam darah), hal ini karena adanya pengikatan kalsium yang dimiliki komponen molekul vitelogenin asli yang terfosforilasi dan bermuatan tinggi, vitelogenin yang mencapai konsentrasi tinggi dalam aliran darah diserap oleh hati dan diuraikan bersama protein darah lainnya.

Pada salmon Atlantik (*S. salar*) jantan, respon estrogen juga mencakup peningkatan jumlah reseptor estrogen inti yang dapat diuji sampai konsentrasi seperti pada ikan betina. Pada ikan jantan konsentrasi sintesis vitelogenin tidak dapat dirangsang dengan pemberian ekstrak hipofisa, ini menunjukkan dua sifat spesifik respon vitelogenik pada ikan, yaitu : (1) berkenaan dengan vitelogenesis, hati bukan organ sasaran langsung bagi hormon hipofisa dan (2) pada hormon jantan vitelogenesis secara spesifik tergantung pada pemberian estrogen karena gonad tidak mampu memproduksi estrogen. Pada ikan elasmobranchii menunjukkan bahwa vitelogenesis dan aktifitas bertelur terjadi sepanjang tahun, dengan puncaknya selama musim dingin. Kenyataan ini terbukti bahwa vitelogenin dapat ditemukan di dalam darah dogfish (*Scyliorhinus canicula*) dan pari (*Raja erinacea*) sepanjang tahun walaupun dalam konsentrasi rendah bila dibandingkan dengan teleostei vitelogenik. Sintesis vitelogenin pada dogfish betina berjalan lambat dibandingkan dengan teleostei, sedangkan laju penyerapannya ke dalam ovari sangat dipengaruhi oleh laju sentesis

vitelogenin tersebut, sehingga menyebabkan waktu paruh vitelogenin menjadi lama, yaitu 9 hari. Lamanya waktu paruh vitelogenin ini juga ditemukan pada individu jantan vertebrata lain, karena tidak memiliki jaringan penyerapan vitelogenin, seperti pada *Xenopus* jantan yang disuntik dengan estrogen, maka vitelogenin akan disingkirkan dari aliran darah sebesar kurang dari 1 % perhari, sedangkan pada betina lebih dari 12 % perhari (Wallace dan Jared, 1968 dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

2.5. Transpor dan penyerapan vitelogenin

Vitelogenin yang disekresikan aparatus golgi ke dalam plasma, kemudian dari plasma vitelogenin akan dikeluarkan dan masuk kedalam darah, maka sistem peredaran darah mulai melakukan tugasnya membawa vitelogenin ke ovari. Dalam peredarannya vitelogenin melarut bebas di dalam plasma, karena tidak ada molekul yang membawa vitelogenin tersebut. Pada beberapa vertebrata seperti burung, vitelogenin dibawa dari tempat sintesisnya di hati menuju gonad sebagai bagian dari high-density lipoprotein (HDL, lipoprotein berdensitas tinggi) yang juga disintesis dan disekresikan oleh hati.

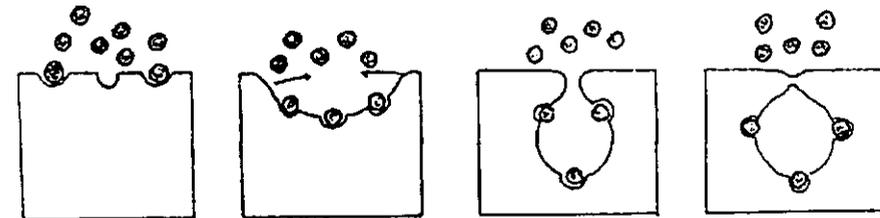
Vitelogenin yang sedang beredar bersama darah diambil dari aliran darah dengan cepat dan spesifik oleh oosit yang sedang tumbuh. Wallace dan Jured (1968) dalam Mommsen dan Walsh (1988) mengemukakan bahwa pada *Xenopus*, vitelogenin yang sedang beredar dalam darah akan diserap oleh gonad 12 % perhari. Sebaliknya pada ikan jantan karena tidak ada jaringan sasaran spesifik dari vitelogenin, maka akan tetap beredar dalam sistem peredaran darah hingga akhirnya diambil oleh hati dan diuraikan bersama protein-protein plasma lainnya.

Pada proses penyerapannya, vitelogenin yang berada dalam darah terikat pada protein reseptor spesifik yang ada pada membran oosit, kemudian diserap melalui proses mikropinositosis dan dipindahkan ke microvesicular body. Sebelum penimbunan akhir dalam kuning telur, vitelogenin dipecah menjadi komponen-komponen lipovitelin dan fosvitin

Setelah pengikatannya pada reseptor permukaan oosit, molekul vitelogenin yang berikatan dengan reseptornya diserap kedalam oosit melalui mikropinositosis. Pada langkah selanjutnya vitelogenin diarahkan ke berbagai lokasi kuning telur di dalam oosit, tergantung tahap selama vitelogenin. Sementara molekul vitelogenin dipecah secara proteolitik menjadi komponen utama kuning telur selama perpindahan lokasinya dari permukaan oosit menuju lokasi penimbunannya. Komponen-komponen lipovitelin, fosvitin dan fosvette ditimbun di dalam bulatan kuning telur terikat membran. Wallace dan Jured (1981) mengemukakan bahwa

badan-badan kuning telur ini akan membentuk extravesicular yolk (kuning telur ekstra gelembung) yang selanjutnya akan bersatu pada beberapa titik selama perkembangan oosit.

Oosit rainbow trout yang sedang berkembang secara in vitro tidak menyerap vitelogenin secara selektif dari albumin serum dengan laju yang kurang 10 % dibanding dengan hewan *Xenopus* pada kondisi yang sama (Cambell dan Jalabert, 1979). Pengaturan secara hormonal penyerapan vitelogenin oleh oosit tergantung pada hormon progesteron. karena hormon ini bekerja pada permukaan oosit. Tata dan Smith (1979) dalam Mommsen dan Walsh (1988) mengemukakan bahwa progesteron memiliki beberapa fungsi pematangan dan bereaksi secara spesifik merangsang mikropinositosis pada vitelogenin. Mekanisme penyerapan cara mikopinositosis ini terlihat pada Gambar 2 (Ville *et al.*, 1985). Selain progesteron, gonadotropin juga berperan dalam penyerapan vitelogenin. Bila dilihat fungsi gonadotropin dalam kaitannya dengan proses penyerapan vitelogenin pada ikan adalah sebagai berikut : (1) Hormon gonadotropin yang dihasilkan hipofisa kaya akan karbohidrat membantu produksi estrogen dalam gonad betina yang selanjutnya akan membentuk vitelogenin di dalam hati, (2) Hormon gonadotropin lain yang memiliki kadar karbohidrat rendah secara spesifik akan meningkatkan penyerapan vitelogenin dari aliran darah ke dalam oosit yang sedang matang. Adanya fungsi yang berbeda dari kedua hormon gonadotropin ini bertujuan agar proses sintesis vitelogenin di hati dan penyerapannya oleh oosit berjalan lancar.



Gambar 2. Mekanisme penyerapan secara mikropinositosis (Ville *et al.*, 1985)

Defosforilasi akan bekerja terhadap vitelogenin sampai beberapa derajat selama penggabungannya dengan kuning telur ovari. Selama perkembangan oosit pra vitelogenik pada trout, microvesicular body (MVB; badan micro gelembung) menimbun dan kemudian menempati bagian terbesar dari sel. Dalam proses vitelogenesis eksogen, gelembung-gelembung kuning telur besar segera terbentuk yang mengandung kuning telur dan sisa-sisa badan micro gelembung. Ketika vitelogenesis sempurna, maka badan-badan mikro gelembung menghilang dan tidak

ditemukan acid fostase pada oosit yang telah berkembang sempurna.

Pemecahan secara efisien terhadap vitelogenin dan penyerapannya yang diberikan melalui penyuntikan mikro dalam oosit *Xenopus*, menunjukkan bahwa vitelogenin yang diserap melalui proses mikropinositosis tidak tertangkap oleh lisosoma secara sempurna, hanya terkena dengan enzim yang selanjutnya akan memecah vitelogenin secara spesifik menjadi lipovitelin, phosvitin dan phosvette. Sedangkan badan mikro gelembung yang mengangkut vitelogenin dan produk-produknya menuju kuning telur agak berhubungan dengan sistem lisosoma karena terlihat adanya aktifitas enzim dengan sifat maksima asam yang khas, sehingga badan mikro gelembung ini memperlihatkan penguraian vitelogenin dan reseptornya.

2.6. Kandungan oosit yang telah menerima vitelogenin dari darah

2.6.1. Lipovitelin dan Phosvitin

Oosit ikan seperti vertebrata lainnya mengandung lipovitelin dan phosvitin, namun pada oosit ikan ditemukan keragaman interspesifik yang lebih besar. Keragaman tersebut antara lain adalah jumlah komponen-komponen yang berbeda, sebagai contoh pada ikan Antartika (*Chaenocephalus aceratus*) memiliki sembilan macam protein terfosforilasi (Shigeura dan Haschemeyer, 1984). Lipovitelin ikan jauh lebih heterogen dibandingkan dengan vertebrata.

Oosit ikan mengandung phosvitin dengan berat molekul yang rendah, karena besarnya keragaman, serta jumlah fosfor protein yang bersifat labil. Wallace dan Selman (1985) mengemukakan bahwa pada killifish (*Fundulus heteroclitus*) molekul vitelogenin dengan berat molekul 200 kDa tidak dapat dilokalisir di dalam oosit, hal ini menunjukkan cepat dan efisiennya pemecahan molekul tersebut menjadi komponen-komponen yang lebih kecil. Selama pematangan oosit protein dengan berat molekul 122 dan 45 kDa diurai menjadi sejumlah protein-protein yang memiliki berat molekul rendah, hal ini menunjukkan adanya proses hidrasi selama pematangan akhir dari oosit.

2.6.2. Lipida

Oosit telestei menimbun sejumlah besar lipida disamping lipida kutup yang dikirim sebagai bagian molekul vitelogenin. Kandungan lipida pada oosit ikan bervariasi, tergantung pada tipe lipida yang ditimbun dalam telur. Secara umum dapat dibedakan menjadi tiga kelompok lipida, yaitu : (1) Lipida kutub dan trigliserida yang sama tinggi seperti pada ikan

rainbow trout, sole (*Solea vulgaris*) dan white fish (*Coregonus albula*), (2) Lipida kutub yang tinggi (75 - 90 %) seperti pada ikan hering baltik, roach dan turbot (*Scophthalmus maximus*) dan (3) Ester lilin dan ester steryl (80%) di dalam butiran minyak telur seperti pada ikan gurami (*Trichogaster casby*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), perch (*Perca fluviatilis*) dan burbot (*Lota-lota*).

Pada spesies ikan tertentu butiran minyak terdiri dari 90 % ester steryl dan ester lilin serta 10 % trigliserida. Ester steryl dan ester lilin berfungsi sebagai pemasok energi serta pengendalian daya apung pada waktu oosit menetas menjadi embrio dan larva. Ester lilin dapat disintesis secara endogen didalam oosit dari asam lemak yang dikirim sebagai bagian lipoprotein atau terikat pada albumin telur.

Pada beberapa spesies ikan vitelogenin mengandung 20 % lipida yang kebanyakan disusun oleh fosfolipida. Materil lipida yang menyusun sejumlah besar fosfolipida, mula-mula ditimbun di dalam sitoplasma perinuklear pada oosit. Sebaliknya vitelogenin ikan yang mensintesis butiran minyak di dalam telurnya, tidak dapat dianggap sebagai penghasil lipida tertentu. Sedangkan sintesis lipoprotein juga dimulai secara in vivo melalui efek estradiol yang beredar bersama darah, peningkatan VLDL dalam darah ikan berkorelasi positif dengan vitelogenesis.

2.6.3. Karotenoid

Oosit ikan juga mengandung beberapa produk sekunder lain seperti karotenoid yang berperan dalam mewarnai penampilan telur. Warna pink cerah pada vitelogenin sockeye salmon yang sangat murni menunjukkan terdapatnya karotenoid yang melekat pada komponen lipida dari vitelogenin. Pada ikan Chum salmon (*O. keta*) 1 % dari berat basah telur yang akan dipijahkan mengandung karotenoid, terutama astaxanthin.

Karotenoid yang terdapat dalam oosit berasal dari dalam otot yang telah tertimbun sebelumnya. Dalam perpindahannya menuju gonad pada betina vitelogenik, karotenoid dapat berbentuk bagian molekul vitelogenin atau dapat pula berpindah bersama lipoprotein yang melimpah terutama VLDL dalam darah salmon. Karotenoid yang terdapat pada oosit tidak semuanya terletak di dalam kuning telur, tetapi sekitar 20 % berasosiasi dengan struktur-struktur lain di dalam oosit (Ketahara, 1984 dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

2.6.4. Glikoprotein

Oosit ikan mengandung bagian molekul karbohidrat yang terikat protein dan sering disebut sialoglikoprotein. Namun lokalisasi aksi, sifa

biokimia dan fungsi fisiologisnya belum banyak diketahui. Molekul ini merupakan komponen yang cukup umum dalam oosit. Sialoglikoprotein berasosiasi dengan fraksi telur dan dapat larut yaitu : Cortical vesicle (gelembung kortek) sehingga tidak membentuk bagian super struktur membran telur. Sialoglikoprotein disusun oleh 20 % asam sialat, asam glutamat dan asam aspartat, 40 - 50 % protein dan 12,5 - 6,2 % karbohidrat terutama N-asetilglukosamine, N-asetilgalaktosamin, fukosa, galaktosa dan mannosia.

Pada telur rainbow trout timbunan polisialoglikoprotein mengalami penyusutan ukuran secara drastis setelah pembuahan, ukurannya akan berkurang dari 260 menjadi 9 kDa. Penyusutan ukuran ini disebabkan karena adanya serangan dari proteolitik yang sangat spesifik.

2.6.5. Protein pengikat vitamin

Pada vitelogenesis, estradiol merangsang hati untuk mensintesis sejumlah protein pengikat vitamin yang selanjutnya akan diserap oleh oosit yang sedang tumbuh. Salah satu protein pengikat vitamin adalah protein pengikat riboflavin yang diglikosilasi dan difosforilasi dan bertanggung jawab atas perpindahan riboflavin menuju oosit.

Protein pengikat vitamin yang terdapat di dalam oosit berperan dalam memasok vitamin pada embrio dan larva ikan pada tahap-tahap kritis. Protein ini juga memiliki aksi antimikroba sehingga vitamin yang disimpan di dalam oosit tidak dapat diserang bakteri.

2.6.6. Hormon

Di dalam oosit ikan dijumpai pula hormon, terutama tiroksin dan T3 seperti pada ikan salmonidae (*Oncorhynchus sp*) serta stripped bass (*M. saxalis*). Hormon-hormon ini berasal dari tubuh induk betina yang disekresikan ke dalam darah dan diserap oleh oosit yang sedang tumbuh bersamaan dengan vitelogenin, kenyataan ini karena vitelogenin mempunyai daya ikat yang kuat terhadap hormon tiroksin di dalam plasma. Jumlah hormon yang dipindahkan menuju oosit sangat kecil (5ng/oosit) sehingga tidak merubah konsentrasi hormon dalam sistem peredaran darah induk betina. Walaupun keberadaan hormon ini kurang berperan, namun hormon tersebut tersedia secara fisik dan fungsional. Tiroksin dan T3 kuning telur mengalami perubahan selama perkembangan tahap awal, sehingga kedua hormon ini dibutuhkan pada saat embrio dan memiliki fungsi fisiologis.

2.6.7. DNA - kuning telur

Penyerapan vitelogenin melalui proses mikropinositosis dari dalam

darah menuju ke oosit tidak membawa molekul-molekul asal darah yang lebih kecil, seperti gula, lipida, protein plasma dan DNA. Untuk mengetahui hal ini telah dibuktikan dengan melakukan studi banding terhadap amfibi. Dari hasil analisa terhadap oosit *Xenopus laevis* ternyata selain DNA dari kromatin oosit, lempengan kecil kuning telur juga mengandung pengikat kuning telur berupa rantai ganda dan dengan berat molekul yang tinggi dan konsentrasi yang kecil yaitu 20 ng/oosit (Hanocq *et al*, 1972 dalam Mommsen dan Walsh, 1988).

DNA-kuning telur dapat mengalami perubahan yang cepat kenyataan ini dibuktikan karena DNA yang berasosiasi dengan kuning telur tidak terlibat dalam perpindahan informasi selama perkembangan embrio, sedangkan DNA dari peredaran darah induk betina yang mengandung 25 mikrogram per mil DNA.

2.6.8. Metabolik

Selain penyerapan dan pengolahan vitelogenin, oosit ikan juga menimbun sejumlah komponen yang mempunyai berat molekul tinggi. Oosit dapat menimbun RNA, terutama rRNA (95 %), mRNA (2 - 3 % khusus untuk *Xenopus* dan tRNA termasuk 5 S untuk oosit, yang semuanya ini penting untuk tahap awal perkembangan embrio. Dalam perkembangannya, oosit juga meningkatkan aktifitas biosintesisnya sampai menjadi 100 kali lipat, yaitu dari 4,3 ng protein perhari pada oosit tahap I menjadi lebih dari 0,5 mikrogram perhari pada oosit tahap VI, dimana dalam kegiatan ini oosit membutuhkan enzim.

Oosit mendapatkan enzim-enzim lisosoma secara terbatas yang berperan dalam pemecahan vitelogenin menjadi fosvitin. Aktifitas metabolik lain dalam oosit teleostei yang sedang tumbuh adalah sintesis urea, aktifitas ini tidak ditemukan pada induk dewasa, sehingga konsentrasi urea oosit lebih besar bila dibandingkan dengan konsentrasi di dalam tubuh induk betina, yaitu dua sampai lima kali lipat. Semua kegiatan ini membutuhkan energi dalam bentuk ATP yang dikeluarkan oleh oosit tersebut. Selama perkembangan oosit, glukosa induk betina menjadi satu sumber energi utama bagi berbagai reaksi. Namun setelah oosit tidak mendapat pasokan energi lagi dari induk, maka akan bertahan sebagai suatu unit yang secara metabolik tersendiri dan tertutup di harus menimbun substansi-substansi untuk bertahan hidup.



Pembenihan adalah segala kegiatan yang dilakukan dalam pematangan gonad, pemijahan dan pembesaran larva hasil penetasan sehingga menghasilkan benih yang siap ditebar di kolam, keramba atau ditebar kembali ke perairan umum (restocking). Secara umum pembenihan pada ikan dapat dikategorikan menjadi 3 macam, yaitu : *Pembenihan secara alami* adalah kegiatan untuk memproduksi benih yang diperoleh semata-mata dari hasil pemijahan induk ikan yang ada di alam tanpa ada campur tangan manusia. Kelemahan dari pembenihan secara alami ini antara lain benih yang diperoleh sangat terbatas jumlahnya, karena sangat tergantung pada musim pemijahan di alam, kualitas (genetik) yang diperoleh tidak terjamin karena belum tentu berasal dari induk yang genetiknya baik selain itu ukuran yang diperoleh beragam karena tidak berasal dari satu induk. *Pembenihan secara semi alami* atau *semi buatan* adalah kegiatan untuk memproduksi benih yang sebagian dari kegiatan tersebut sudah ikut campur tangan manusia, misalnya pada ikan mas dengan menyiapkan kolam pemijahan yang dilengkapi dengan substrat dan induk dibiarkan memijah pada kolam yang telah disiapkan, pada ikan lele dumbo dengan melakukan penyuntikan hormon terhadap induk yang akan dipijahkan dan dilepaskan pada kolam pemijahan untuk memijah sendiri. Pada pembenihan ini kelemahan-kelemahan yang terdapat pada pembenihan secara alami telah dapat diatasi. Beberapa kelebihan dari pembenihan ini antara lain kita dapat memproduksi benih setiap saat, jumlah benih yang dibutuhkan untuk usaha budidaya dapat dipenuhi, ukuran dan kualitas benih yang diinginkan dapat terpenuhi karena induk yang akan dipijahkan telah melalui seleksi sebelumnya. *Pembenihan secara buatan* adalah kegiatan untuk memproduksi benih yang semua kegiatannya adalah campur tangan manusia. Pada pembenihan secara buatan ini mulai dari penyuntikan induk, pengurutan (stripping) induk untuk memperoleh sel telur dan semen sampai kepada percampuran telur dengan semen pada proses fertilisasi sudah dilakukan oleh manusia. Kelebihan dari pembenihan secara buatan ini antara lain jumlah benih yang diperoleh akan lebih maksimal, karena telur dan semen yang ada dalam gonad induk ikan yang dipijahkan dapat keluar

seluruhnya dengan bantuan pengurutan (stripping) yang dilakukan kualitas (genetik) benih sudah jelas terjamin karena induk yang dipijahkan telah diseleksi terlebih dahulu dan ukuran benih yang diperoleh sudah jelas seragam karena berasal dari induk yang sama.

Pemijahan buatan pada mulanya dilakukan dengan cara penyuntikan ekstrak kelenjar hipofisa ikan terhadap ikan lain yang ingin dipijahkan. Teknik ini telah dikenal sejak Houssey pada tahun 1931 yang selanjutnya dikembangkan oleh Von Hering di Brazilia dan dikenal dengan istilah hipofisasi (Matty, 1985). Hipofisasi adalah teknik yang dipakai untuk merangsang ikan yang matang kelamin untuk memijah atau ovulasi dengan suntikan ekstrak kelenjar hipofisa (Hardjamul dan Atmawinata, 1980).

Di Indonesia teknik hipofisasi dilakukan pertama kali pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada tahun 1956, kemudian berkembang terhadap ikan-ikan yang mengalami kesulitan memijah secara alami seperti ikan nilam (*Osteochilus hasselti*), tawes (*Puntius goniotatus*), jelawat (*Leptobarbus haeverni*) dan mola (*Hypothalminchtys molatrix*). Menurut Hardjamulia (1975) teknik hipofisasi memiliki beberapa kelemahan, antara lain : (1) hilangnya ikan donor karena diambil hipofisanya, (2) standarisasi ekstrak kelenjar hipofisa ikan sebagai bahan suntikan untuk induksi ovulasi atau pematangan gonad pada ikan sulit dilakukan; (3) tidak diketahui dengan pasti hormon mana yang sebenarnya berpotensi untuk ovulasi dan kematangan gonad dan (4) penyakit dapat menular dengan mudah dari ikan donor ke ikan resipien.

Dengan adanya kelemahan teknik hipofisasi yang disebutkan di atas maka mendorong para ahli untuk mencoba menggunakan gonadotropin yang berasal dari hewan bukan ikan (mamalia dan manusia) dan hormon lain yang berperan dalam proses reproduksi ikan serta zat-zat perangsang lainnya yang tidak termasuk hormon. Hormon atau zat perangsang tersebut menurut Hoar, Randall dan Donaldson, (1983) adalah (1) Antitestosteron; (2) Gonadotropin Releasing Hormon; (3) Dopamin antagonis; (4) Gonadotropin; (5) Steroid dan (6) Prostaglandin.

Dalam pembenihan buatan lebih sering digunakan hormon sintesis daripada ekstrak hipofisa, kelebihan penggunaan hormon sintesis antara lain : (1) selalu tersedia dalam kemasan yang mantap dan terukur; (2) tersimpan dengan baik dan aman, perubahannya dapat diusahakan seminimal mungkin; (3) uniform dan universal; (4) mencegah pembuahan ikan sebagai donor; (5) mengurangi proses koleksi dan (6) biaya, waktu dan tenaga dapat lebih di hemat.

Dalam melaksanakan pembenihan buatan ada tiga kegiatan yang harus dilakukan secara berkesinambungan, kegiatan tersebut ada

pra pemijahan, pemijahan dan pasca pemijahan.

3.1. Pra Pemijahan

Kegiatan pra pemijahan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan induk matang gonad yang siap untuk disuntik. Kendala utama yang sering muncul dalam praktek pengembangbiakan ikan budidaya atau ikan liar lain yang ingin dibudidayakan adalah terhambatnya perkembangan gonad ikan, terutama ikan betina. Kegagalan ini terutama terjadi pada proses pematangan oosit (vitelogenesis) atau proses ovulasi (Davy and Chouinard, 1980). Tam *et al* (1986) menyatakan bahwa pada saat menjelang ovulasi akan terjadi peningkatan diameter oosit karena diisi oleh massa kuning telur yang homogen, karena adanya peningkatan kadar estrogen dan vitelogenin. Selanjutnya Bagenal (1969) menyatakan bahwa ukuran telur berperan di dalam kelangsungan hidup ikan, benih ikan brown trout yang berasal telur yang berukuran besar mempunyai daya hidup yang lebih tinggi dari pada benih ikan yang berasal dari telur yang berukuran kecil. Hal ini disebabkan karena kandungan kuning telur lebih banyak pada telur yang berukuran besar, sehingga larva yang dihasilkan mempunyai persediaan makanan yang lebih banyak untuk membuat daya tahan tubuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan telur-telur yang berukuran kecil. Penyebaran diameter telur ikan yang terdapat di dalam suatu gonad dapat dijadikan sebagai interval pemijahan bagi suatu spesies ikan, bila penyebaran diameter telur ikan yang terdapat di dalam suatu gonad tidak mencolok antara telur-telur yang muda dengan yang sudah matang maka dikatakan interval antara pemijahan spesies tersebut pendek, tetapi sebaliknya bila kelompok-kelompok telur yang sudah matang menyebar secara mencolok, maka interval antar pemijahan spesies tersebut panjang (De jong *dalam* Yani, 1994).

Woynarovich dan Horvath (1980) menyatakan bahwa induk yang pantas dipijahkan adalah setelah melewati fase pembentukan kuning telur (fase vitelogenesis) masuk fase dorman. Fase pembentukan kuning telur dimulai sejak terjadinya penumpukan bahan-bahan kuning telur (yolk) dalam sel telur dan berakhir setelah sel telur mencapai ukuran tertentu atau nukleolus tertarik ke tengah nucleus. Setelah fase pembentukan kuning telur berakhir, sel telur mengalami perubahan bentuk selama beberapa saat, tahap ini disebut fase istirahat (dorman). Menurut Lam (1985) bila rangsangan diberikan pada saat ini maka akan menyebabkan terjadinya migrasi inti ke perifer, inti pecah atau lebur yaitu pematangan oosit pada perifer, ovulasi (pecahnya folikel) dan oviposisi. Sedangkan menurut Suyanto (1987) bilamana

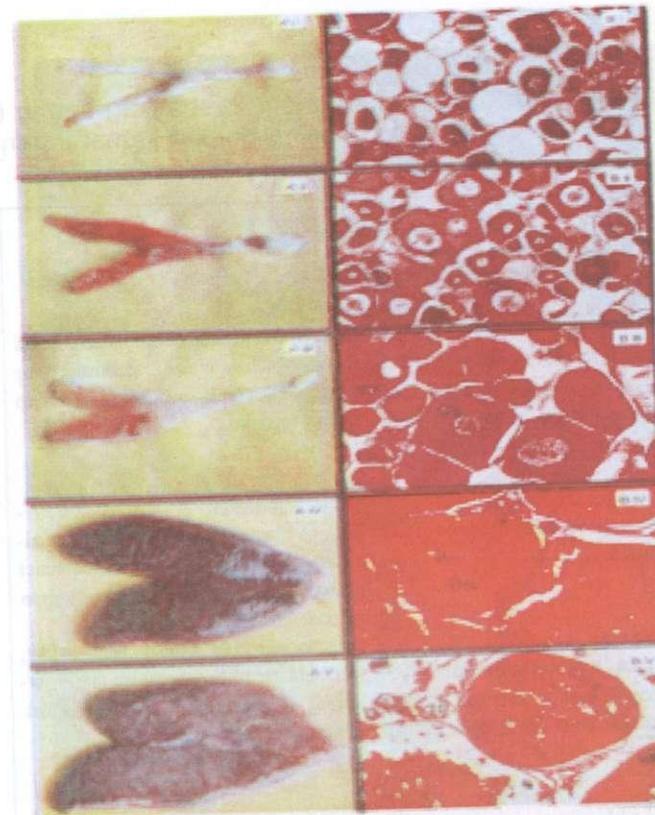
kondisi lingkungan tidak cocok dan rangsangan tidak diberikan telur yang dorman tersebut akan mengalami degenerasi (rusak) lalu diserap kembali oleh ovarium.

Wallace dan Selman (1981) menyatakan bahwa secara umum ovarium ikan dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu sinkronisme total (seluruh oosit berada pada tingkat perkembangan atau stadia yang sama), sinkronisme par groups (sedikitnya ada dua populasi yang berada dalam stadia yang sama) dan asinkronisme atau metakrom (oosit terdiri dari semua tingkat perkembangan). Berdasarkan mekanisme kendal hormon reproduksi ikan, maka manipulasi hormon dapat dilakukan melalui pendekatan hipofisa dan pendekatan hipotalamus. Secara umum manipulasi hormon pendekatan hipofisa adalah untuk memacu ovulasi dan pemijahan. Sedangkan pendekatan hipotalamus adalah untuk pematangan gonad mulai dari awal perkembangan gonad sampai fase dorman, walaupun dapat juga digunakan untuk pemijahan

Keberhasilan bioteknologi pembenihan yang dilakukan pada ikan sangat tergantung pada kualitas telur dan kualitas spermatozoa dari induk yang akan dipijahkan. Namun yang selalu menjadi kendala selama ini adalah mendapatkan telur dengan jumlah dan kualitas yang baik seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Kendala ini dapat diatasi dengan mengetahui biologi reproduksi dari induk ikan betina, terutama tentang proses pembentukan vitelogenin. Secara umum tingkat kematangan gonad pada ikan dapat dibagi menjadi lima tingkatan, Induk ikan yang diharapkan untuk dapat disuntik dalam melakukan bioteknologi pembenihan adalah induk yang telah memiliki tingkat kematangan gonad IV. Kriteria tingkat kematangan gonad (ovarium dan testis) untuk beberapa jenis ikan telah berhasil ditemukan, kusus untuk ikan baung kriteria tingkat kematangan gonad tersebut menurut Sukendi (2001) seperti terlihat pada Tabel 4 dan 5 serta Gambar 3 dan 4.

Tabel 4. Gambaran morfologi dan histologi ovarium ikan baung (*Mystus nemurus* CV) dari masing-masing tingkat kematangan gonad.

Morfologi	Histologi
<p>TKG I (ikan muda) Ovarium berbentuk sepasang benang kasar terletak pada kiri dan kanan rongga perut, warna bening dan kecoklatan dengan permukaan licin.</p>	<p>Ovarium belum matang, didominasi dengan oosit berdiameter 7,5 - 35,5 μm lamela ovarium berbentuk bulat dan lebih tebal dengan inti sel lebih besar, sitoplasma banyak dan berwarna ungu.</p>
<p>TKG II (masa perkembangan) Ovarium berukuran lebih besar dari TKG I berwarna coklat muda, butiran telur masih belum dapat dilihat dengan mata telanjang.</p>	<p>Ukuran oosit dalam ovarium bertambah besar dengan diameter 25,0 - 185,0 μm. Sitoplasma terlihat lebih jelas berwarna ungu, inti sel bertambah dan pada perifer sitoplasma sudah kelihatan viskula kuning telur.</p>
<p>TKG III (dewasa) Ovarium berukuran lebih besar dari TKG II dan hampir mengisi setengah rongga perut. Butiran telur mulai kelihatan dengan mata telanjang, beberapa butiran halus membuat ovarium berwarna kuning kehijauan.</p>	<p>Oosit terus berkembang menjadi ootid dengan diameter 165,0 - 465,0 μm, inti sel bertambah besar tapi masih tetap berada di tengah. Warna ungu sitoplasma terlihat lebih terang dan telah mulai menipis.</p>
<p>TKG IV (matang) Ovarium telah mengisi dua pertiga rongga perut, usus terdesak keluar, warna menjadi kuning kecoklatan dan lebih gelap. Telur telah terlihat lebih jelas dan lebih besar dari TKG III.</p>	<p>Ootid berkembang menjadi ovum dengan diameter 25,5 - 1500,0 μm dan lebih dominan ditemukan ukuran yang lebih besar. Warna ovum berubah menjadi warna merah muda yang menunjukkan telur telah matang. Jumlah kuning telur semakin banyak yang merupakan masa homogen, menutupi seluruh lapisan sitoplasma.</p>
<p>TKG V (mijah salin) Ovarium masih terlihat seperti TKG IV, tetapi bagian tertentu telah mengempis karena telur telah dikeluarkan pada saat pemijahan.</p>	<p>Warna ovum sama dengan TKG IV dengan diameter 25,0 - 1350,0 μm, sebagian dinding ovum telah pecah dan terbuka, dinding oolema menjadi tebal dan berlekuk-lekuk. Masih ditemui oosit dan ootid yang akan berkembang menjadi ovum.</p>



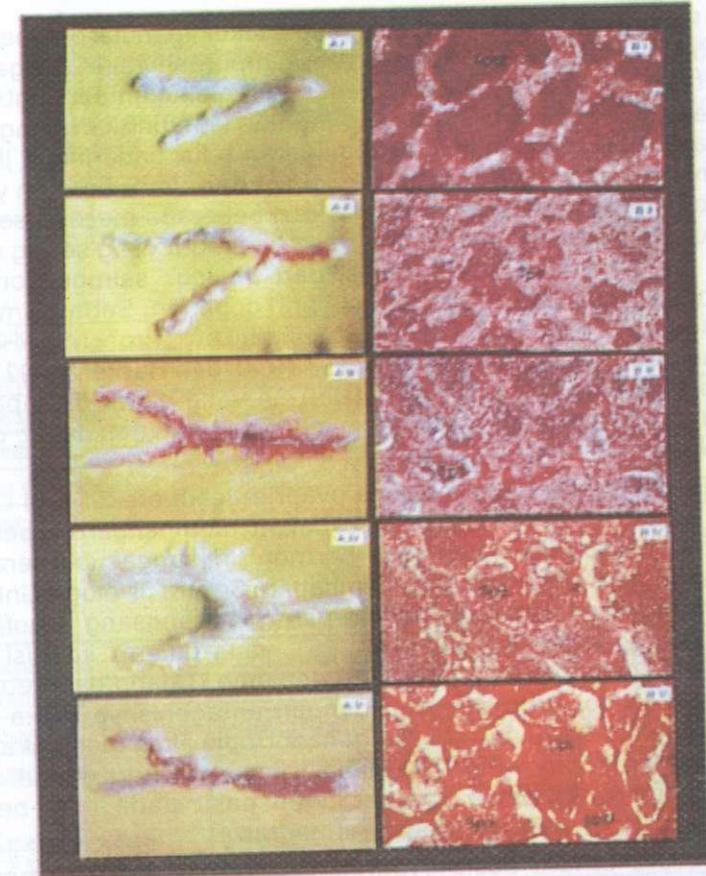
Gambar 3. Morfologi (A) dan Histologi (B) ovarium ikan baung (*Mystus nemurus* CV).

Keterangan :

Morfologi (A) TKG I (A I), TKG II (A II), TKG III (A III), TKG IV (A IV) dan TKG V (A V), Histologi (B) TKG I (B I) didominasi oosit (os), mempunyai nukleolus (nl) yang jelas, TKG II (B II) didominasi oosit (os) berukuran lebih besar, TKG III (B III) terdapat vakuol (v) dan granul kuning telur (gk) serta didominasi oosit (os), TKG IV (B IV) inti (n) telah berpindah ketepi, didominasi ovum (ov), TKG V (B V) dinding folikel (df) berlekuk-lekuk setelah ovum ovulasi (Pengamatan histologi dilakukan pada bagian tengah ovarium dengan Bouin's HE 56 x). (Sukendi, 2005)

Tabel 5. Gambaran morfologi dan histologi testis ikan baung (*Mystus nemurus* CV) dari masing-masing tingkat kematangan gonad

Morfologi	Histologi
<p>TKG I (ikan muda) Testis berbentuk sepasang benang berwarna bening dan licin. Ukuran lebih kecil daripada ovarium ikan betina pada TKG yang sama</p>	<p>Jaringan ikat terlihat lebih dominan, sel-sel spermatogonium mulai terlihat yang akan memasuki perkembangan tahap spermatogonia</p>
<p>TKG II (tahap perkembangan) Testis berukuran lebih besar daripada TKG I, berwarna putih.</p>	<p>Testis berkembang ditandai dengan terlihatnya kantong-kantong tubulus seminiferi yang berisi spermatosit primer berasal dari perkembangan spermatogonium.</p>
<p>TKG III (dewasa) Testis berukuran lebih besar daripada TKG II, dapat mengisi hampir setengah rongga perut. Warna lebih putih dan lekukan terlihat lebih jelas.</p>	<p>Jaringan ikat testis terlihat lebih sedikit, spermatid menyebar. Sebagian masih terlindung oleh sisa yang berbentuk kantong</p>
<p>TKG IV (matang) Testis berukuran semakin besar, berwarna putih susu serta padat yang mengisi sebagian besar rongga perut. Permukaan berlekuk-lekuk dan kasar karena diisi oleh semen yang padat.</p>	<p>Spermatid dan spermatozoa terlihat lebih jelas. Sel spermatozoa yang terbentuk mengisi kantong-kantong tubulus seminiferi</p>
<p>TKG V (mijah) Testis terlihat mengempis, pada bagian tertentu kosong karena semen telah dikeluarkan pada saat pemijahan, warna permukaan telah memerah</p>	<p>Terdapat sisa-sisa spermatozoa dan spermatid yang belum dikeluarkan pada saat pemijahan. Bagian tertentu dari testis kosong karena isi telah dikeluarkan pada saat pemijahan.</p>



Gambar 4. Morfologi (A) dan Histologi (B) testis ikan baung (*Mystus nemurus* CV).

Keterangan :

Morfologi (A) TKG I (A I), TKG II (A II), TKG III (A III), TKG IV (A IV) dan TKG V (A V), Histologi (B) TKG I (B I) didominasi spermatogonium (spg), TKG II (B II) didominasi spermatosit (sps), TKG III (B III) didominasi spermatid (spt), TKG IV (B IV) didominasi spermatozoa (spz) dan spermatid (spt) dan TKG V (B V) terdapat sisa-sisa spermatozoa (spz) dan spermatid (spt). (Pengamatan histologi dilakukan pada bagian tengah testis dengan Boui's HE 56 x). (Sukendi, 2005)

3.2. Pemijahan

Pemijahan adalah kegiatan yang dilakukan mulai dari penyuntikan, pengurutan (stripping) fertilisasi (percampuran telur dengan semen) hingga telur menetas jadi larva. Sebelum melakukan penyuntikan, perlu dilakukan penyeleksian terhadap induk. Penyuntikan yang diberikan bertujuan untuk merangsang pengeluaran telur pada induk ikan betina dan pengeluaran semen pada induk ikan jantan. Jenis hormon yang dapat digunakan untuk pembenihan terdiri dari beberapa macam, seperti yang telah diuraikan sebelumnya, namun secara umum yang sering digunakan adalah "ovaprim" yaitu kombinasi dari analog salmon gonadotropin Releasing Hormon (sGnRH-a) dengan anti dopamin. Setiap 1 ml ovaprim mengandung 20 mg sGnRH-a (D-Arg⁶, Trp⁷, Leu⁸, Pro⁹- NET) - LHRH dan 10 mg anti dopamin (Nandeesh et al., 1990 dan Harker, 1992). Hormon ini telah ditemukan sejak tahun 1980-an yang dapat disimpan dalam suhu kamar dalam jangka waktu melebihi setahun dan dapat digunakan secara langsung.

Dilihat dari proses kerjanya ovaprim lebih efektif dari Luteinizing Hormon Releasing Hormon (LHRH) di dalam mempengaruhi pengeluaran gonadotropin pada ikan, sehingga hormon ini sangat berperan dalam memacu terjadinya ovulasi dan pemijahan. Secara fisiologis GnRH analog yang terkandung dalam ovaprim berperan merangsang hipofisa untuk melepaskan gonadotropin (Lam, 1985), yang dalam kondisi alamiah sekresi gonadotropin dihambat oleh dopamin (Chang dan Peter, 1982), sehingga bila dopamin dihalang dengan antagonisnya maka peranan dopamin akan terhenti dan sekresi gonadotropin akan meningkat (Harker, 1992). Gonadotropin yang dihasilkan akan menuju gonad dan akan mempercepat terjadinya pematangan oosit pada ikan betina dan pematangan spermatozoa pada ikan jantan.

Secara umum dosis ovaprim yang dipakai untuk merangsang ovulasi pada ikan betina adalah 0,5 ml/kg bobot tubuh sedangkan untuk merangsang spermiasi pada ikan jantan adalah 0,10 - 0,20 ml/kg bobot tubuh (Harker, 1992). Lebih terperinci Nandeesh et al. (1990) dan (1991) menyatakan dosis yang dapat digunakan untuk beberapa spesies ikan adalah : Catla : 0,40 - 0,50 ml/kg bobot tubuh, Rohu : 0,30 - 0,40 ml/kg bobot tubuh, Mrigal : 0,25 - 0,30 ml/kg bobot tubuh, Silver Carp: 0,50-0,70 ml/kg bobot tubuh, Grass Carp : 0,50 - 0,70 ml/kg bobot tubuh, Big Had Carp : 0,50 ml/kg bobot tubuh, Bata : 0,50 ml/kg bobot tubuh dan Fringe Lipped Carp : 0,50 ml/kg bobot tubuh. Sedangkan dosis ovaprim yang terbaik untuk meningkatkan daya rangsang ovulasi dan kualitas telur pada induk ikan betina serta meningkatkan volume semen dan kualitas spermatozoa pada induk ikan jantan ikan air tawar dari

beberapa hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penggunaan dosis penyuntikan ovaprim yang terbaik untuk meningkatkan daya rangsang ovulasi dan kualitas telur serta volume semen dan kualitas spermatozoa beberapa jenis ikan air tawar.

No	Jenis Ikan	Dosis Ovaprim yang terbaik	Respon yang diukur	Sumber
1.	Lele betina	0,50 ml/kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, et al., 1996
2.	Lele betina	0,50 ml/kg bobot tubuh	c	Sukendi, 1995
3.	Mas koki betina	0,50 ml/kg bobot tubuh	a dan b	Andriani, 1996
4.	Betutu betina	0,90 ml/kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, 1996
5.	Ikan sumatera betina	1,00 ml/kg bobot tubuh	b	Sukendi, 1997
6.	Baung betina	0,90 ml/kg bobot tubuh	a, b dan f	Putra, Sukendi dan Pardiman, 2000 serta Sukendi, 2001
7.	Lele jantan	0,40 ml/kg bobot tubuh	d dan e	Numan, 1995
8.	Klemak jantan	0,50 ml/kg bobot tubuh	d dan e	Putra dan Sukendi, 1998
9.	Betutu jantan	0,60 ml/kg bobot tubuh	d dan e	Putra dan Sukendi 2000
10.	Baung jantan	0,50 ml/kg bobot tubuh	d, e dan f	Sukendi, 2001
11.	Kapiek betina	0,60 ml/kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, Putra dan Yurisman, 2006
12.	Kapiek jantan	0,50 ml/kg bobot tubuh	d, e dan f	Sukendi, Putra dan Yurisman, 2006

Keterangan :

- a. = Daya rangsang ovulasi (waktu laten)
- b. = Kualitas telur (diameter, kematangan, fertilitas dan daya tetas telur)
- c. = Kematangan gonad secara histology
- d. = Volume semen
- e. = Kualitas spermatozoa (konsentrasi, motilitas, viabilitas, fertilitas dan daya tetas spermatozoa)
- f. = Kelangsunghidupan larva, pertumbuhan panjang dan bobot larva

Selain ovaprim untuk pemijahan buatan sering pula digunakan prostaglandin $F_2 \alpha$ ($PGF_2 \alpha$) dengan nama dagang "Prosolvin". Pada hewan mamalia $PGF_2 \alpha$ berperan menstimulasi kontraksi uterus dan membantu transpor spermatozoa baik pada saluran reproduksi hewan jantan maupun pada hewan betina yang menyebabkan kontraksi dari pembuluh darah dan mempunyai sifat-sifat luteolitik pada hewan domestik. Sedangkan pada ikan berperan dalam mentrigger/mempercepat ovulasi dan mengatur sinkronisasi tingkah laku memijah (Shilo dan Sarig, 1982) yang telah dicobakan pada ikan rainbow trout (Jalabert dalam Hoar et al., 1983), Goldfish betina (Stancy dan Peter dalam Hoar et al., 1983) dengan dosis 10 mg/kg bobot tubuh dan pada ikan catfish (*Heteropenstes fossilis*) dengan dosis 100 mg /ikan yang bobot tubuhnya antara 41 - 47 gram. Dosis $PGF_2 \alpha$ yang terbaik untuk meningkatkan daya rangsang ovulasi dan kualitas telur pada induk ikan betina serta meningkatkan volume semen dan kualitas spermatozoa pada induk ikan jantan air tawar dari beberapa hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Penggunaan dosis penyuntikan $PGF_2 \alpha$ yang terbaik untuk meningkatkan daya rangsang ovulasi dan kualitas telur serta volume semen dan kualitas spermatozoa beberapa jenis ikan air tawar

No	Jenis Ikan	Dosis Penyuntikan $PGF_2 \alpha$ yang terbaik	Respon yang diukur	Sumber
1.	Lele betina	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	c	Sukendi, 1995
2.	Lele betina	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, et al., 1996
3.	Mas koki betina	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	a dan b	Andriani, 1996
4.	Betutu betina	3500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, 1996
5.	Baung betina	3000 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	a, b dan f	Putra, Sukendi dan Pardinan, 2000; Sukendi, 2001
6.	Lele jantan	2000 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	d dan e	Numan, 1995
7.	Klemak jantan	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	d dan e	Putra dan Sukendi, 1998
8.	Betutu jantan	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	d dan e	Putra dan Sukendi 2000
9.	Baung jantan	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	d, e dan f	Sukendi, 2001
10.	Kapiek betina	3000 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	a dan b	Sukendi, Putra dan Yunisman, 2006
11.	Kapiek jantan	2500 μg $PGF_2 \alpha$ /kg bobot tubuh	d, e dan f	Sukendi, Putra dan Yunisman, 2006

Keterangan :

a. = Daya rangsang ovulasi (waktu laten)

- b. = Kualitas telur (diameter, kematangan, fertilitas dan daya tetas telur)
- c. = Kematangan gonad secara histology
- d. = Volume semen
- e. = Kualitas spermatozoa (konsentrasi, motilitas, viabilitas, fertilitas dan daya tetas spermatozoa)
- f. = Kelangsunghidupan larva, pertumbuhan panjang dan bobot larva

Pemakaian ovaprim dapat pula dilakukan secara kombinasi dengan prostaglandin $F_2 \alpha$ ($PGF_2 \alpha$). Kombinasi ini diduga akan memberikan respon yang lebih baik terhadap pemijahan ikan, baik ovulasi pada ikan betina maupun spermiasi pada ikan jantan. Sesuai dengan peranan ovaprim yang telah diuraikan sebelumnya yaitu untuk merangsang hipofisa dalam melepaskan gonadotropin secara maksimal yang selanjutnya gonadotropin yang dilepas berperan dalam pematangan tahap akhir oosit maupun spermatozoa dalam gonad. Sedangkan $PGF_2 \alpha$ sangat berperan dalam mentrigger pemecahan selaput folikel oosit yang telah matang tahap akhir oleh ovaprim, serta mendesak spermatozoa yang telah matang oleh ovaprim agar keluar dari tubulus simeniferi, sehingga $PGF_2 \alpha$ sangat potensial diberikan pada suntikan kedua untuk ovulasi maupun spermiasi terhadap gonad yang telah mengalami pematangan tahap akhir

Penggunaan beberapa dosis kombinasi ovaprim dan $PGF_2 \alpha$ terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur pada induk ikan betina dan meningkatkan volume semen serta kualitas spermatozoa pada induk ikan jantan air tawar dari beberapa hasil penelitian sebelumnya terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Penggunaan dosis kombinasi penyuntikan ovaprim dan PGF₂ α yang terbaik untuk meningkatkan daya rangsang ovulasi dan kualitas telur serta volume semen dan kualitas spermatozoa beberapa jenis ikan air tawar

No	Jenis Ikan	Dosis Kombinasi Penyuntikan ovaprim dan PGF ₂ α yang terbaik	Respon yang diukur	Sumber
1.	Lele betina	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	c	Sukendi, 1995
2.	Lele betina	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	a dan b	Sukendi, et al., 1996
3.	Mas koki betina	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	a dan b	Andriani, 1996
4.	Betutu betina	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,45 ml ovaprim + 750 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	a dan b	Sukendi, 1996
5.	Baung betina	75 % ovaprim + 25 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	A, b dan f	Putra, Sukendi dan Pardinan, 2000; Sukendi, 2001
6.	Lele jantan	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,20 ml ovaprim + 1000 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	d dan e	Numan, 1995
7.	Klemak jantan	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	D dan e	Putra dan Sukendi, 1998
8.	Betutu jantan	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,300 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	d dan e	Putra dan Sukendi 2000
9.	Baung jantan	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	d, e dan f	Sukendi, 2001
10.	Kapiek betina	75 % ovaprim + 25 % PGF ₂ α (0,45 ml ovaprim + 750 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	a	Sukendi, 2002
10.	Kapiek betina	75 % ovaprim + 25 % PGF ₂ α (0,45 ml ovaprim + 750 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	a dan b	Sukendi, Putra dan Yunisman, 2006
11.	Kapiek jantan	50 % ovaprim + 50 % PGF ₂ α (0,250 ml ovaprim + 1250 µg PGF ₂ α / bobot tubuh)	d dan e	Sukendi, Putra dan Yunisman, 2006

Keterangan :

- a. = Daya rangsang ovulasi (waktu laten)
- b. = Kualitas telur (diameter, kematangan, fertilitas dan daya tetas telur)
- c. = Kematangan gonad secara histology
- d. = Volume semen
- e. = Kualitas spermatozoa (konsentrasi, motilitas, viabilitas, fertilitas dan daya tetas spermatozoa)
- f. = Kelangsunghidupan larva, pertumbuhan panjang dan bobot larva

3.3. Pasca Pemijahan

Pasca pemijahan adalah kegiatan yang dilakukan untuk pemeliharaan larva mulai menetas hingga ukuran benih. Pada kegiatan ini yang terpenting adalah menentukan jenis pakan yang cocok selama pemeliharaan. Secara umum larva dari hasil penetasan dipelihara selama 8 minggu (56 hari). Selama pemeliharaan diberi pakan nauplii artemia dan *Tubifex* sp. Pemberian pakan nauplii artemia dilakukan mulai larva berumur dua hari (saat kuning telur habis) sampai larva berumur lima hari. Pakan *Tubifex* sp diberikan pada saat larva berumur enam hari sampai berumur 21 hari selanjutnya pada umur 22 hari hingga 56 hari larva dapat diberi pellet halus (biasanya pellet udang). Larva berumur 56 hari bentuknya telah menyerupai bentuk ikan yang sebenarnya, dan telah dapat dikatakan benih yang siap untuk dipelihara di kolam, keramba atau ditebar kembali ke perairan umum (restocking).



**PERAN BIOLOGI REPRODUKSI IKAN
DALAM BIOTEKNOLOGI PEMBENIHAN**

Dengan adanya kelebihan sistem reproduksi yang terjadi pada hewan aquatik (ikan) dibandingkan dengan sistem reproduksi yang terjadi pada hewan teritorial (sapi, kerbau, domba, kuda dan jenis-jenis hewan teritorial lainnya), bioteknologi yang diterapkan juga akan berbeda. Pada hewan-hewan teritorial para peneliti sibuk melakukan penelitian untuk menemukan bagaimana cara memperbanyak calon anak yang akan dilahirkan, yang mungkin salah satunya dengan melakukan cloning, sehingga satu sel telur yang ada di dalam rahim dapat dimanipulasi melalui teknik cloning untuk melahirkan dua anak yang kembar identik. Namun pada ikan teknik tersebut tidak perlu dilakukan, karena ikan telah diciptakan mempunyai jumlah sel telur yang banyak, dan dapat menghasilkan anak dengan jumlah ratusan ribu dalam sekali pemijahan. Bioteknologi yang penting diterapkan pada ikan antara lain bagaimana memproduksi benih yang berkualitas (pertumbuhan yang cepat), sehingga waktu pemeliharaan singkat ikan sudah dapat dipanen dan memproduksi benih jenis kelamin yang disenangi oleh masyarakat (jantan atau betina), sehingga memiliki nilai ekonomis tinggi.

Keberhasilan bioteknologi pembenihan yang dilakukan pada ikan sangat tergantung pada proses biologi reproduksi, terutama pematangan induk ikan yang akan dipijahkan. Proses pematangan induk ikan yang dimaksud terutama pematangan induk ikan betina, yaitu vitelogenesis seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Keberhasilan vitelogenesis akan menghasilkan jumlah telur yang lebih banyak dan kualitas yang lebih baik, sehingga akan menghasilkan calon anak ikan yang berkualitas melalui proses bioteknologi pembenihan yang dilakukan.

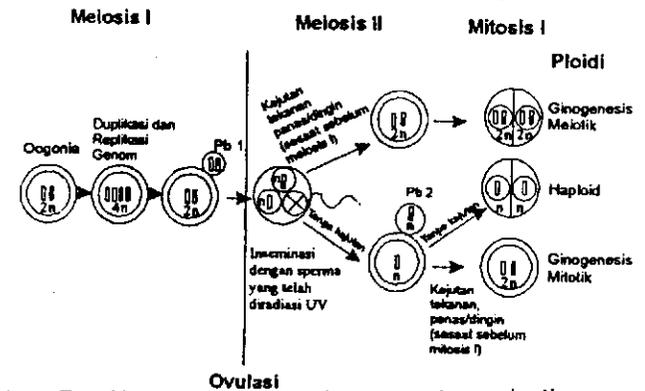
4.1. Ginogenesis

Pada umumnya perbaikan genetik ikan bertujuan untuk memperoleh bibit unggul yang membutuhkan ikan bergalur murni sebagai bahan baku. Cara yang umum dilakukan untuk memperoleh ikan bergalur murni yaitu dengan silang dalam (inbreeding) konvensional seperti dengan

melakukan perkawinan sekerabat (sib mating), yang semuanya ini memerlukan waktu yang lama. Dengan demikian maka teknik kromosom berkembang dengan pesat, dimana ikan yang bergalur murni dapat dihasilkan jauh lebih cepat, yaitu dengan melakukan teknik ginogenesis. Allendorf dan Learly (1984) menyatakan bahwa pada ikan rainbow trout (*Salmo gairdneri*) homosigositas yang dihasilkan oleh satu generasi ginogenesis sama dengan tiga generasi silang dalam konvensional, sehingga dua generasi ginogenesis sudah cukup untuk memurnikan suatu stock ikan.

Ginogenesis adalah proses produksi embrio dari telur-telur yang dibuahi oleh sperma tanpa sumbangan bahan genetik jantan (Nagy *et al.*, 1978 dan John *et al.*, 1984). Teknologi ginogenesis memberikan banyak manfaat diantaranya adalah 1) mempercepat proses pemurnian (homosigositas), 2) membuat populasi klon hanya dalam dua generasi, 3) membuat populasi tunggal kelamin betina, 4) mempercepat proses seleksi dan 5) mendeterminasi genotip jenis kelamin betina.

Dalam proses ginogenesis ada dua hal penting yang harus dilakukan, yaitu : 1) radiasi sperma atau telur dengan sinar gamma atau sinar ultraviolet (UV) untuk membuat agar tidak aktif secara genetik dan 2) kejutan (shock) dengan suhu atau tekanan untuk mengembalikan badan kutub II ke posisi semula pada saat meiosis II atau pada saat mitosis I untuk menggagalkan terjadinya pembelahan sel sehingga dapat terjadi penggabungan kembali kromosomnya dalam satu sel (Gambar 5) (Nagy *et al.*, 1978). Ginogenesis telah berhasil dilakukan pada berbagai spesies ikan kultur, baik spesies ikan air tawar maupun ikan laut, namun demikian keberhasilan androgenesis masih terbatas pada beberapa spesies ikan saja karena relatif sulit dalam radiasi telur secara efektif dan perlakuan kejutan untuk menggagalkan proses mitosis pertama.



Gambar 5. Skema proses ginogenesis pada ikan

Untuk memudahkan penilaian terhadap keberhasilan ginogenesis dapat digunakan ikan jantan yang berbeda spesies tetapi masih mempunyai kekerabatan yang agak dekat dengan induk yang digunakan, seperti terlihat pada Tabel 9. Untuk memperoleh keturunan yang homozigot dalam waktu yang cepat, perlu diperhatikan tentang kemungkinan adanya peristiwa pindah silang (crossing over) pada saat meiosis pertama. Dengan adanya pindah silang dapat mengakibatkan G2N-meiotik bersifat heterozigot. Pindah silang merupakan faktor pembatas untuk mendapatkan keturunan ginogenetik yang homosigot.

Tabel 9. Pemakaian ikan jantan yang berbeda spesies sebagai sumber sperma dalam ginogenesis

Induk	Jantan	Sumber
Koan (<i>Ctenopharyngodon idella</i> V)	Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L)	Stanley dan Jone (1976)
Catla (<i>Catla catla</i> H)	Rohu (<i>Labeo rohita</i> H)	John <i>et al.</i> , (1984)
Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	Graying (<i>Thymallus thymallus</i>)	Chourrout (1986)
Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L)	Tawes (<i>Puntius javanicus</i> Blkr)	Setiadi (1989)
Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L)	Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	Chadiana (1989)
Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L)	Nilem (<i>Osteochilus hasselti</i>)	Sambara (1989)

Komel *et al.* (1980) mengemukakan bahwa pada proses ginogenesis sperma yang digunakan untuk membuahi sel telur adalah sperma yang telah diradiasi dengan tujuan agar sperma tersebut secara genetik tidak aktif. Radiasi merupakan suatu proses penyinaran dengan menggunakan bahan mutagen untuk menghasilkan mutan. Menurut Leu dan Purdom (1984) bahan mutagen yang dapat digunakan untuk proses radiasi ini adalah : sinar gamma, sinar X dan sinar ultra violet (UV), namun dalam proses ginogenesis lebih banyak menggunakan sinar ultraviolet (UV) (Hollebecq *et al.*, 1986).

Sinar gamma memiliki daya penetrasi yang baik serta mampu merusak kromosom sperma, namun sering dijumpai adanya efek negatif dari pemakaian sinar tersebut, yaitu ditemukannya fragmen sisa kromosom pada benih diploid ginogenetik (G2N), yang akan dapat mengurangi kelangsungan hidup benih G2N sehingga lebih umum digunakan sinar ultraviolet. Selain itu sinar ultraviolet juga memiliki beberapa kelebihan, yaitu murah dan lebih mudah dan aman digunakan dibandingkan dengan sinar gamma dan sinar x. Pemakaian radiasi ultra violet terhadap sperma pada ginogenesis terlihat pada Tabel 9.

Penggunaan radiasi sinar ultraviolet pada dosis tinggi menyebabkan tidak terdapatnya sisa sifat-sifat paternal atau sisa - sisa potongan kromosom (Chourrout *dalam* Thorgaard dan Allen, 1987). Dengan menggunakan radiasi sinar ultraviolet juga menunjukkan bahwa bahan genetik jantan tidak memberikan sumbangan terhadap keturunan ginogenetik, hal ini dibuktikan dari induk ikan mas bersisik menyebar (mirror, ss) dan penjantan yang bersisik penuh (Ss), dengan efek radiasi ultraviolet terhadap sperma diperoleh keturunan ginogenetik yang semuanya bersisik menyebar.

Kejutuan suhu yang diberikan (panas dan dingin) bertujuan untuk mencegah terjadinya pengurangan kromosom betina pada proses perkembangan telur dan akhirnya dapat menghasilkan sigot diploid dan homosigot (Nagy *et al.*, 1978). Kejutuan panas dalam ginogenesis dapat dilakukan dengan cara merendam telur-telur yang telah dibuahi ke dalam air panas dengan suhu tertentu (Hollebecq *et al.*, 1986) dengan waktu yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan dengan kejutuan dingin serta lebih mudah dilakukan dan peralatan yang lebih murah beberapa metode kejutuan panas untuk diploidisasi pada ginogenesis terlihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Pemakaian radiasi ultra violet terhadap sperma pada ginogenesis

Jenis ikan	Radiasi UV	Hasil	Sumber
Rohu (<i>Labeo rohita</i>)	Lampu UV 15 w, selama 17 menit, jarak 20 cm, tebal larutan sperma 2 mm	99 - 99,6 % larva haploid	Jolu <i>et al.</i> , (1984)
Rainbow trout (<i>Salmo gairneri</i>)	Lampu UV 4 x 36 w, selama 28 menit, jarak 15 cm, tebal larutan sperma 5 mm, diputar 60 kali/menit	99 - 99,5 % embrio haploid	Lou dan Purdom (1984)
Chum salmon (<i>Oncorhynchus keta</i>)	Dosis 2400-3600 erg/mm ² 2 tebal larutan sperma 0,1 mm	100 % embrio haploid	Taniguchi <i>et al.</i> , (1984)
Fancy carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	Dosis 6420 erg/mm ² intensitas 75 erg/mm ² /detik, tebal larutan sperma 1 mm	haploid	Taniguchi <i>et al.</i> , (1984)
Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	200 J/m ² /menit selama 1 jam, jarak sperma dan lampu 2,5 cm	100 % embrio haploid	Komen <i>et al.</i> , (1988)
Tawes (<i>Puntius javanicus</i>)	2 lampu UV 15 w selama 1,5 menit, 2 dan 3 menit ketebalan sperma 1 mm	100 % embrio haploid	Setiadi (1989)

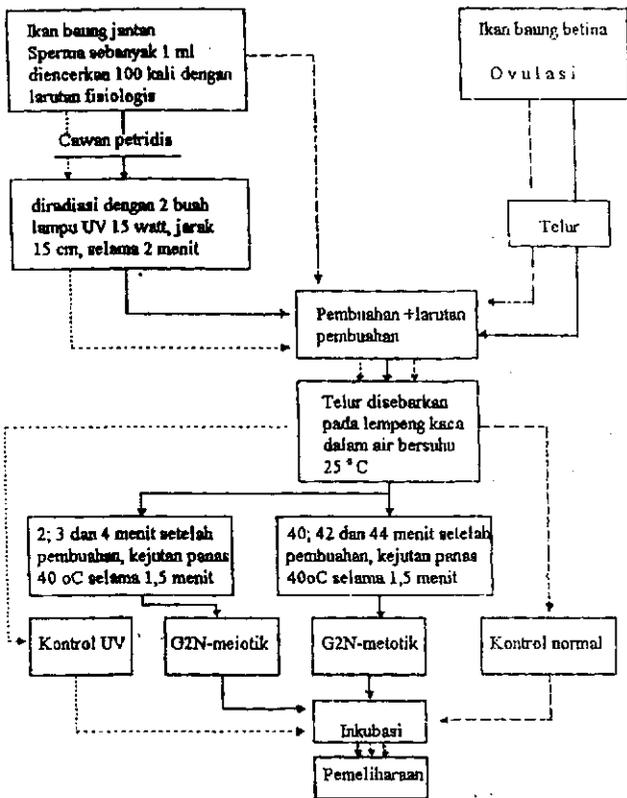
Tabel 10. Beberapa metode kejutan panas untuk diploidisasi pada ginogenesis

Jenis ikan	Kejutan panas	Hasil	Sumber
Catla (<i>Catla catla</i>) dan Rohu (<i>Labeo rohita</i> H)	39° C selama 1 menit waktu awal 2 menit setelah pembuahan	10 % larva G2N-meiotik	John <i>et al.</i> , (1984)
Rainbow trout (<i>Salmo gairneri</i>)	28 - 29° C selama 10 menit, waktu awal 10 menit setelah pembuahan	larva G2N-meiotik	Leary <i>et al.</i> , (1985)
Rainbow trout (<i>Salmo gairneri</i>)	26° C, selama 20 menit, waktu awal 25 menit setelah pembuahan dan suhu dasar pembuahan 10° C	50 % larva G2N-meiotik	Chourrout (1986)
Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	39° C selama 2 menit, waktu awal 5 menit setelah pembuahan dan suhu dasar pembuahan 20° C	50 % larva G2N-meiotik	Holleboeg <i>et al.</i> , (1986)
Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	40° C, selama 2 menit, waktu awal 30 menit setelah pembuahan, suhu dasar pembuahan 24° C	5 - 18 % larva G2N meiotik	Komen <i>et al.</i> , (1988)

Kejutan panas sebaiknya dilakukan pada waktu yang tepat setelah pembuahan dengan tujuan untuk meningkatkan diploidisasi benih ginogenetik, yaitu pada saat meiosis kedua dan mitosis pertama (Lou dan Purdom, 1984). Pemberian kejutan panas pada saat meiosis kedua akan menahan keluarnya polar body kedua, selanjutnya pada mitosis pertama kejutan panas akan memaksa genom haploid maternal membelah menjadi dua (Chourrout, 1986). Diploid ginogenetik yang terbentuk pada saat meiosis kedua dinamakan diploid ginogenetik meiotik dan disingkat G2N-meiotik (meiotic - G2N). Sedangkan diploid ginogenetik yang terjadi pada saat cleavage pertama dinamakan diploid ginogenetik mitotik dan disingkat G2N-mitotik (mitotic-G2N). Selanjutnya karena tidak semua individu G2N-meiotik homosigot, maka G2N-meiotik disebut juga G2N-heterosigot. Sedangkan G2N-mitotik memiliki individu yang semuanya homosigot maka disebut juga G2N-homosigot. Pada umumnya tingkat keberhasilan G2N-meiotik lebih tinggi daripada G2N-mitotik, padahal homozigositas G2N-mitotik jauh lebih tinggi. Dipihak lain, homosigositas yang tinggi sangat diperlukan untuk mempercepat diperolehnya individu yang bergalur murni.

Leary *et al.* (1985) menyatakan bahwa silang dalam yang sangat kuat dalam ginogenesis memberi peluang munculnya alel homosigot resesif yang biasanya bersifat kurang menguntungkan yang selanjutnya akan menimbulkan adanya individu yang abnormal atau fenotip letal, sehingga dapat disimpulkan bahwa penampilan ciri kuantitatif dan ciri kualitatif individu ditentukan oleh faktor genetik dan lingkungan yang dimiliki individu tersebut.

Stabilitas perkembangan individu G2N akan menurun bila tingkat homosigositasnya tinggi. Untuk mengukur stabilitas perkembangan digunakan fluktuasi asimetri, dimana fluktuasi asimetri adalah perbedaan jumlah antara sisi kiri dan kanan pada ciri meristik bilateral (Leary *et al.* 1985). Skema cara kerja dalam pelaksanaan ginogenesis dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema teknik pelaksanaan ginogenesis pada ikan

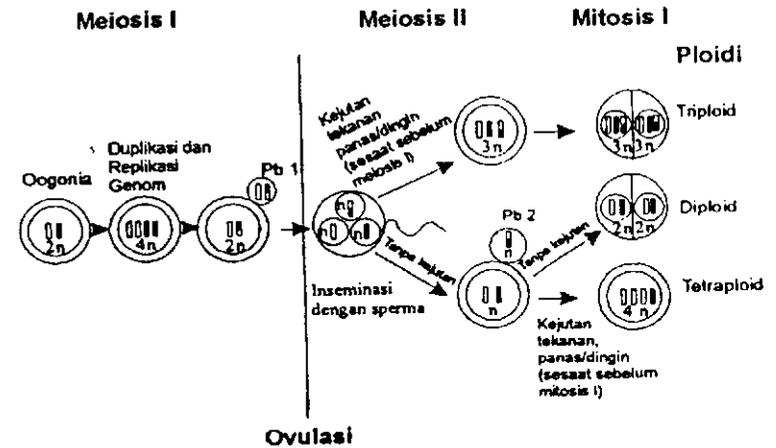
Keterangan : : kontrol UV
 - - - - - : kontrol normal
 _____ : G2N-meiotik dan G2N - mitotik

ikan dapat dilakukan dengan menggunakan dasar atau prinsip-prinsip ginogenesis buatan. Dengan kata lain bahwa aplikasi poliploid dilakukan setelah teori-teori ginogenesis buatan diketahui (Purdom, 1983).

Metoda untuk membuat poliploid ini dapat dilakukan seperti perangsangan diploidisasi pada ginogenesis buatan tetapi merupakan kelanjutan dari pembuatan secara normal (spermatozoa normal). Ada tiga masalah yang dihadapi dalam usaha poliploidisasi ikan, yaitu : 1) umur zigot waktu kejutan dilakukan, 2) lama waktu kejutan dan 3) suhu yang dipakai waktu kejutan.

4.2.1. Triploidisasi

Triploidisasi adalah proses atau usaha ke arah terbentuknya kondisi dengan sel-sel yang mengandung tiga perangkat kromosom atau triploid ($3n$). Triploidisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menahan benda kutub II pada saat meiosis II oogenesis atau dengan pembuahan diploid dengan gamet haploid (Chourrout, 1986). Penahanan benda kutub II dapat dilakukan dengan memberikan kejutan lingkungan terhadap telur pada saat berlangsungnya proses pembuahan yang secara alami diikuti oleh pelepasan benda kutub II (Gambar 7). Kejutan yang dimaksud dapat berupa kejutan tekanan, kejutan suhu dan kejutan kimiawi (Purdom, 1983).



Gambar 7. Skema proses poliploidisasi pada ikan

Beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan penahanan benda kutup II adalah tenggang waktu dari proses pembuahan sampai kepada saat dimulainya kejutan (umur zigot), lamanya pelaksanaan kejutan dan suhu yang dipakai memberi kejutan (Sumantadinata, 1988). Ketiga faktor ini berbeda untuk setiap spesies ikan serta tergantung pada biologi dan lingkungan hidupnya.

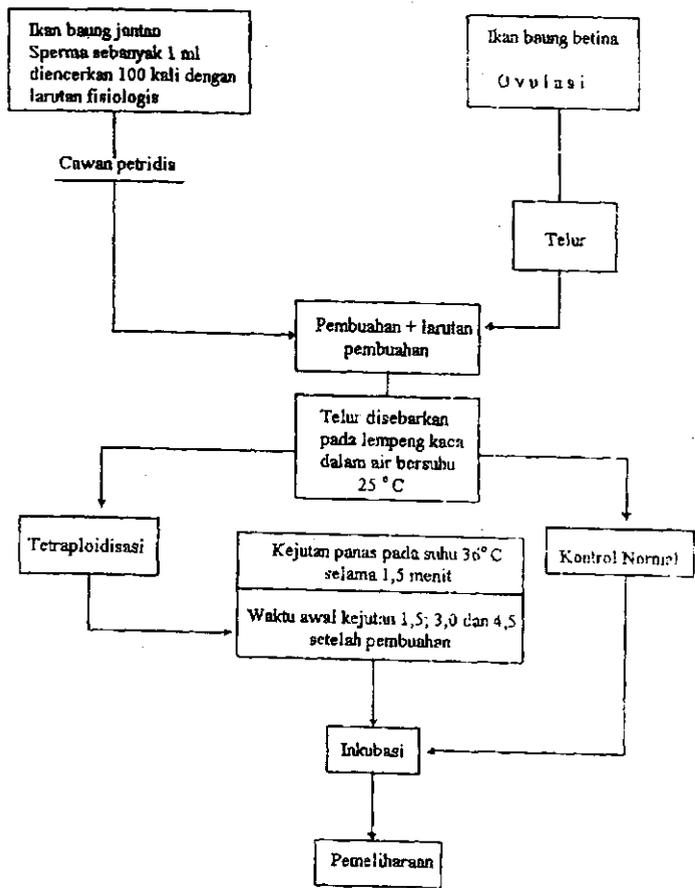
Triploidisasi terhadap ikan lele Afrika (*Clarias gariepinus* Burcheel) telah berhasil dilakukan dengan menggunakan suhu 5° C selama 10 menit dengan umur zigot pada waktu kejutan dilakukan dua sampai empat menit, serta menghasilkan derajat penetasan yang diperoleh 9 - 40 % . Sedangkan menurut Vejaratpimol *et al* (1990) pada ikan lele yang lain (*Clarias macrocephalus*) suhu yang digunakan adalah 5° C dengan waktu kejutan 30 menit dan umur zigot 2 menit serta menghasilkan derajat penetasan 85 %. Pada ikan brown trout telah dilakukan pula oleh Arai dan Wilkins (1987) dengan menggunakan suhu 25° C selama 10 menit dengan waktu kejutan antara 5 - 45 menit setelah pembuahan menghasilkan embrio triploid sebesar 75 - 91 %, pada ikan salmon Atlantik kejutan panas diberikan pada suhu 35° C selama 5 menit dengan waktu awal 20 menit setelah pembuahan dan suhu inkubasi telur 10° C menghasilkan larva triploid sebesar 97 - 100 % (Sutterlin *et al.*, 1987). Carman (1990) memberikan kejutan pada suhu 42° C selama 2 menit dan 5 menit setelah pembuahan pada ikan mas koki (*Carasius auratus*) menghasilkan ikan triploid sebesar 80 %, sedangkan pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) menghasilkan ikan triploid sebesar 72 % dengan pemberian kejutan pada suhu 38 - 40° C selama 1,5 - 2,0 menit dan 3 menit setelah pembuahan (Mardiyanti, 1989).

Ikan triploid memiliki kelebihan, karena pada umumnya bersifat steril. Ikan-ikan yang steril mempunyai kecepatan tumbuh yang lebih baik karena tidak terganggu oleh proses reproduksi atau makanan tidak terpakai untuk proses reproduksi sehingga dapat dipakai dalam menambah massa somatik, dengan kata lain bahwa ikan akan tumbuh lebih cepat daripada keadaan alamiah. Triploidisasi sangat bermanfaat pada ikan kultur yang frekuensi pemijahannya tinggi seperti pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*), kenyataan ini sesuai dengan hasil penelitian Taniguchi *et al.* (1986) yang menunjukkan bahwa ikan mas triploid tumbuh lebih cepat daripada diploid kontrol pada umur 7 bulan. Pada umur 20 bulan gonad ikan mas triploid berkembang sangat lambat dan lebih banyak lemak di sekitar ususnya dibandingkan dengan ikan mas diploid. Sehingga diharapkan pembudidayaan ikan-ikan triploid akan memberikan keuntungan. Skema proses kerja dalam pelaksanaan triploidisasi terlihat pada Gambar 7.

4.2.2. Tetraploid

Ikan tetraploid hanya berhasil dibuat pada beberapa spesies ikan saja, diantaranya pada ikan rainbow trout (Chourrout, 1987) dan ikan chanel catfish (Bidwell *et al.* 1985). Ikan tetraploid bersifat fertil, karena itu apabila ikan tetraploid dikawinkan dengan ikan diploid akan menghasilkan keturunan ikan triploid, sehingga produksi ikan triploid akan dapat dilakukan secara masal tanpa perlu perlakuan kejutan di laboratorium.

Secara teoritis tetraploid dapat diusahakan dengan menggagalkan pembelahan sel pertama setelah pembuahan (pada proses cleavage) atau dengan kata lain bahwa mitosis I dapat digagalkan tidak menjadi dua sel tetapi tetap satu sel dengan 4 set kromosom seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema teknik pelaksanaan tetraploidisasi pada ikan

meiosis II, sehingga zigot yang siap memasuki tahap penyigaran mempunyai tiga perangkat kromosom. Apabila kejutan dilakukan lebih telat benda kutub selanjut lepas dan yang digagalkan adalah pembelahan pertama secara mitosis sel zigot (mitosis I), sehingga sel berinti mengandung empat perangkat kromosom (tetraploid). Dimana dua perangkat kromosom berasal dari telur dan dua perangkat lagi dari spermatozoa. Kejutan yang paling praktis dilakukan pada proses poliploidisasi adalah kejutan suhu (Chournout, 1986 dan Thorgoard, 1986).

4.2.2.2. Pengukuran ploidi pada ikan

Pengukuran ploidi pada ikan dapat dilakukan dengan penghitungan kromosom tiap sel. Secara tidak langsung dapat dilihat dengan pemeriksaan morfologi, elektroforesis, pengukuran volume eritrosit dan penghitungan jumlah nukleolus (Thargoard, 1983.) Carman (1990) menyatakan bahwa jumlah kromosom pada individu diploid dan triploid ikan mas koki (*Carasius auratus*) masing-masing adalah 100 dan 150. Sedangkan pada ikan lele Afrika (*Clarias gariepinus* Burcheel) menurut Richter *et al.*, (1987) adalah 54 untuk diploid dan 82 untuk individu triploid, selanjutnya pada ikan *Clarias macrocephalus* jumlah kromosom untuk individu diploid sebanyak 54 dan triploid sebanyak 81 (Vejaratpimol dan Pewnim, 1990).

Penghitungan jumlah kromosom lebih akurat untuk penentuan tingkat ploidi di antara metoda yang ada, tetapi metoda ini membutuhkan waktu yang banyak. Sehingga menurut Phillip *et al.* (1986) penghitungan jumlah nukleolus merupakan metoda yang mudah, relatif murah dan mempunyai peluang yang besar untuk diterapkan pada berbagai spesies ikan. Dikatakan juga metoda ini telah digunakan untuk menentukan tingkat ploidi pada beberapa jenis ikan. Carman (1990) menyatakan bahwa jumlah nukleolus pada ikan rainbow trout, chinook salmon dan coho salmon memperlihatkan bahwa individu haploid mempunyai 1 atau 2 dan individu triploid mempunyai 1, 2 atau 3 nukleolus, sedangkan jumlah maksimal nukleolus per sel pada ikan koki diploid adalah 3 atau 4 dan pada individu triploid adalah 5 atau 6.

4.3. Manipulasi hormon dalam proses perubahan jenis kelamin (sex reversal)

Jenis kelamin suatu spesies ditentukan oleh faktor, genetik dan lingkungan. Faktor genetik yang menentukan jenis kelamin adalah kromosom, dimana kromosom yang memegang peran utama dalam menentukan jenis kelamin disebut kromosom kelamin atau gonosom

Proses poliploidisasi dapat berlangsung bila dilakukan kejutan terhadap zigot yang siap melakukan penyigaran sebelum benda kutub dipisahkan. Kegiatan ini berperan agar pelepasan benda kutub tidak terlaksana dan penyigaran seterusnya menyusul akan melibatkan tiga perangkat kromosom (Nagy *et al.*, 1978, Purdom, 1983 dan Hollebecq *et al.*, 1986).

Menurut Oshiro dan Carman (1991) bila yang hendak dihasilkan adalah ikan-ikan triploid, maka kejutan yang tepat adalah pada saat

sedangkan yang tidak menentukan jenis kelamin disebut kromosom biasa atau autosom (Yatim, 1986).

Jenis kelamin ditentukan oleh banyak gen (poligenik), gen-gen tersebut berupa sejumlah gen-gen minor yang tersebar disepanjang kromosom sehingga jenis kelamin ditentukan oleh perimbangan antara jumlah gen-gen penentu jantan dan penentu betina. Bila faktor penentu jantan yang lebih dominan, maka individu akan tumbuh menjadi jantan atau sebaliknya.

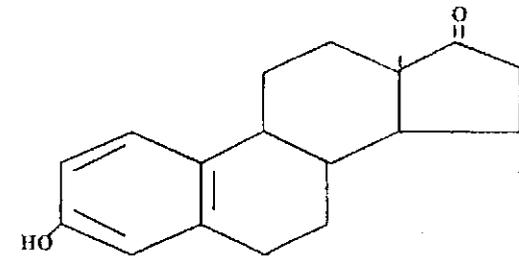
Sex reversal adalah suatu metode untuk mengubah arah diferensiasi kelamin ikan secara buatan dari yang seharusnya jantan menjadi betina atau sebaliknya. Perubahan diferensiasi secara buatan dimungkinkan karena pada fase pertumbuhan gonad (saat belum terjadi diferensiasi sampai berlangsungnya diferensiasi sehingga kelamin bersifat permanen) (Davy dan Chourinard, 1980). Karena pada saat ini pembentukan gonad dapat diarahkan dengan menggunakan hormon steroid sintesis. Hormon merupakan suatu zat kimia organik yang dihasilkan oleh bagian atau jaringan tubuh tertentu yang umumnya berupa kelenjar endokrin dan dibawa langsung oleh darah keseluruh tubuh serta dapat merangsang organ sasarannya (Turner dan Bagnara, 1976). Steroid adalah jenis hormon yang larut dalam lemak dan merupakan turunan kolesterol yang mengandung 27 atom karbon. Organ yang menghasilkannya antara lain adalah testis, ovari, korteks anak ginjal dan plasenta.

Hormon steroid mengatur beberapa fenomena reproduksi, seperti proses diferensiasi kelamin, pembentukan gonad, ovulasi, pembentukan sel-sel reduksi, proses pemijahan, ciri kelamin sekunder, perubahan morfologi atau fisiologi pada musim pemijahan dan produksi feromon. Diantara fenomena tersebut, diferensiasi kelamin terjadi lebih awal, kemudian diikuti oleh fenomena yang lain. Menurut Hunter dan Donaldson (1983) penentuan dari diferensiasi kelamin pada ikan lebih labil dibandingkan penentuan dan diferensiasi kelamin pada vertebrata yang lain.

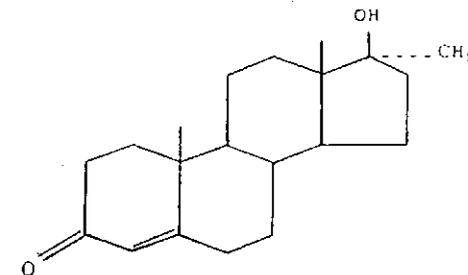
Hormon steroid yang digunakan untuk mengubah kelamin pada ikan terbagi atas dua kelompok, yaitu : 1) androgen, sebagai hormon yang mengarahkan diferensiasi ke jantan, seperti androstenedion, etiniltestosteron, metiltestosteron dan testosteron propionat. 2) Estrogen adalah hormon yang mengarahkan diferensiasi ke betina seperti estron, estradiol dan etinilestradiol (Yanamoto dalam Hunter dan Donaldson, 1983). Hormon steroid pada vertebrata dapat dibagi menjadi empat kelompok, berdasarkan fungsi fisiologisnya keempat kelompok hormon tersebut adalah : 1) androgen atau hormon seksual pada jantan,

2) estrogen atau hormon seksual pada betina, 3) progesteron yang berperan dalam pemeliharaan kehamilan dan 4) corticosteroid yang berperan dalam memelihara proses yang berlangsung di dalam tubuh seperti pengaturan proses metabolisme, karbohidrat, protein dan lemak. Menurut Donaldson *et al.* (1978) hormon estrone mempunyai rumus bangun seperti tertera pada Gambar 9 sedangkan 17α -metiltestosteron tertera pada Gambar 10.

Pemberian hormon dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan melarutkan kedalam air pemeliharaan atau ke dalam makanan (Hunter dan Donaldson, 1983). Tetapi menurut Yamazaki (1983) cara yang paling sering dilakukan dan terbukti aktif mengubah kelamin adalah pemberian melalui makanan atau secara oral. Beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan penggunaan hormon steroid untuk mengubah kelamin antara lain : jenis hormon dan dosis pemberian, cara dan lama pemberian, jenis dan umur ikan serta faktor lingkungan terutama suhu (Hunter dan Donaldson, 1983 dan Yamamoto, 1969). Dikatakan juga bahwa pemberian hormon steroid tidak akan berhasil jika dilakukan setelah terjadinya diferensiasi seksual. Periode yang baik dan tepat untuk pemberian hormon adalah pada stadia larva sebelum atau pada saat ikan mulai makan.



Gambar 9. Rumus bangun estrone



Gambar 10. Rumus bangun 17α -metiltestosteron

Hunter dan Donaldson (1983) menyatakan bahwa pemberian hormon tidak boleh berlebihan, karena dosis yang terlalu tinggi dapat menimbulkan tekanan kepada pembentukan gonad dan tingginya mortalitas. Selain itu dosis tinggi dari hormon estrogen dapat pula mengakibatkan rendahnya tingkat pertumbuhan. Dosis hormon estron yang efektif untuk keperluan jenis kelamin pada ikan seperti tertera pada Tabel 11.

Tabel 11. Dosis efektif hormon estrone

Spesies Ikan	Dosis (mg/kg makanan)	Lama Pemberian (hari)	Betina (hari)	Jantan (%)	Sumber
<i>Oryzias latipes</i>	125	240	100	0	(1)
	100	26 - 28	efektif	0	(2)
<i>Carassius auratus</i>	100	60	100	0	(3)
	10	58	94	0	(4)
<i>Salmo gairdneri</i>	50	58	79	0	(4)
	100	58	85	0	(4)
<i>Tilapia nilotica</i>	60	150	54	9,9	(5)
	120	150	54	9,9	(5)
	100	25 - 59	62 - 78	28,1	(6)
	200	25 - 59	62 - 78	21,8	(6)

Keterangan :

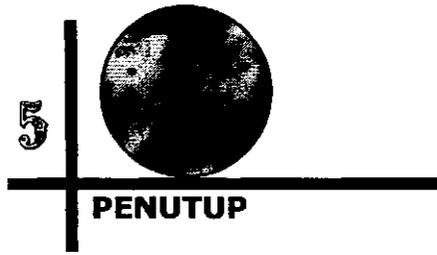
(1) Yamamoto (1953), (2) Fineman et al (1974), (3) Yamamoto dan Kajishima (1968), (4) Okada (1973), (5) Jalabert et al (1975), (6) Tyamen dan Shelton (1978).

Sumber : Yamazuki (1983)

Bila androgen diberikan dalam jumlah berlebihan, maka jantan dan betina dengan genotif masing - masing akan berdiferensiasi menjadi jantan dengan testis mengecil dan akhirnya menjadi steril karena terjadi kerusakan sempurna sel-sel germinal. Keadaan yang sama juga terjadi bila waktu pemberian hormon terlalu lama, perkembangan gonad dalam pembentukan gamet menjadi terhambat (Schrech dalam Hunter dan Donaldson, 1983).

Penggunaan hormon 17 α metiltestoteron untuk merubah jenis kelamin telah banyak dilakukan. Perendaman pada telur salmon cinuk (*Oncorhynchus tshawytscha*) selama 120 menit dengan dosis 200 ug/l

dapat menghasilkan keturunan yang seluruhnya jantan, sedangkan perendaman embrio ikan salmon koho (*Oncorhynchus kisutch*) sehar delapan dan lima belas hari sebelum menetas selama dua jam dalam larutan 17 α - metiltestosteron dengan konsentrasi 400 ug/l, hasilnya diperoleh jantan tertinggi pada perlakuan sehari sebelum menetas yaitu 61,17 % dan pada perlakuan delapan dan lima belas hari sebelum menetas masing-masing dihasilkan jantan sebesar 54,9 %. Perendaman embrio ikan beta (*Betta splendens* Regan) selama 4 jam, 6 jam, 8 jam dan 10 jam perendaman dengan dosis 20 mg/l menghasilkan jantan masing masing sebesar 87,8 % 92,3 %, 93,2 % dan 95,9 % dan kontrol menghasilkan 62,5 % jantan (Kholidin, 1996). Demikian pula yang dilakukan terhadap ikan beta (*Betta splendens* Regan) dalam 17 α metiltestosteron selama delapan jam dengan dosis 20 mg/l berhasil diperoleh ikan berkelamin jantan sebesar 88,9 % (Suprihatiningsih, 1996)



Sistem reproduksi yang ada pada ikan jauh lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan hewan bukan ikan seperti hewan teritorial. Kelebihan tersebut adalah ikan memiliki jumlah sel telur yang banyak, sehingga menghasilkan anak dengan jumlah yang banyak pula dalam sekali proses reproduksi, memiliki masa inkubasi yang singkat sehingga dalam waktu yang singkat telur yang telah dibuahi akan segera lahir/ menetas menjadi calon anak, serta memiliki fertilisasi eksternal (pembuahan diluar tubuh) sehingga manipulasi terhadap fertilisasi mudah dilakukan. Kelebihan sistem reproduksi yang ada pada ikan akan mudah membawa kepunahan ikan tersebut dari alam apabila dimanfaatkan tidak memperhatikan sistem reproduksi yang dimaksud, sebaliknya akan mudah mengembangkan ikan-ikan tersebut menjadi ikan peliharaan di alam terkontrol dengan memanfaatkan sistem reproduksi yang dimiliki melalui bioteknologi pembenihan.

Bioteknologi pembenihan yang telah berhasil dilakukan pada ikan adalah (1) ginogenesis, suatu proses produksi embrio dari telur-telur yang dibuahi oleh sperma tanpa sumbangan bahan genetik jantan, keuntungan dari teknik ini adalah mempercepat proses pemurnian (homosigositas), membuat populasi klon hanya dalam dua generasi, membuat populasi tunggal kelamin betina, mempercepat proses seleksi dan mendeterminasi genotip jenis kelamin betina, (2) poliploidisasi, suatu proses atau kejadian terbentuknya individu yang poliploid, yaitu somatik sel yang mempunyai tiga (triploid), empat (tetraploid), lima (pentaploid) atau lebih sel kromosom (tidak dua sel kromosom) seperti organisme diploid, dan (3) sex reversal, suatu metode untuk mengubah arah diferensiasi kelamin ikan secara buatan dari yang seharusnya jantan menjadi betina atau sebaliknya.

Keberhasilan bioteknologi pembenihan yang dilakukan sangat tergantung pada vitelogenesis, yaitu proses biologi reproduksi yang terjadi pada induk ikan betina. Vitelogenesis akan menentukan jumlah dan kualitas telur yang ada di dalam kantong ovarium ikan betina yang sangat dibutuhkan untuk menjadi calon anak ikan melalui bioteknologi pembenihan. Pengembangan ikan-ikan liar di perairan umum perlu dilakukan dengan menerapkan bioteknologi pembenihan untuk menghasilkan benih yang berkualitas selanjutnya dipelihara di alam budidaya yang terkontrol. Sehingga diharapkan dengan penerapan bioteknologi pembenihan ini kebutuhan masyarakat terhadap ikan-ikan yang selama ini diperoleh dari perairan umum dapat terpenuhi dan sebaliknya kelestarian ikan tersebut juga akan dapat terjaga.



DAFTAR PUSTAKA

- Aida, K., Kobayasi dan T. Kaneko. 1991. Endokrinologi dalam : Itazawa, M. dan I. Hanyu (ed). Fisiologi Ikan. Koseishakoseikaku, Tokyo. P. 167 - 241.
- Allendorf, F.W. and R. F. Learly. 1984. Heterozygosity in gynogenetics diploid and triploid estimated by gene centromere recombination rates. *Aquaculture* 43 : 413 - 420.
- Andriani, Y. 1996. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F₂ a terhadap keberhasilan ovulasi ikan mas koki (*Carassius auratus*). Fakultas Perikanan Universitas Riau Pekanbaru.
- Aniguchi, N., A. Kijima, T. Tamura, K. Takegami and I. Yamasaki. 1986. Colour, growth and maturation in ploidy manipulation in carp. *Aquaculture* 57 : 321 - 328.
- Arai, K. and Noel P. Wilkins. 1987. Triploidization of brown trout (*Salmo trutta*) by heat shocks. *Aquaculture*, 64 : 97 - 107.
- Bagenal, T. B. and E. Braun. 1971. Eggs and Early life history. In W. E. Ricker (eds). *Methods for assessment of fish in fresh water*. IPB handbook No. 3. p : 166-198.
- Bidwell, C. A., C. L. Chrisman and G. S. Libey. 1985. Poliploidy induced by head shock in chananel catfish. *Aquaculture*, 51 : 25 - 32.
- Carman, O. 1990. Ploidy manipulation in some warm-water fish. Master s Thesis Departement of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries.
- Cerda, J., B. G. Calman, G. J. Lafleur Jr, and S. Limesand. 1996. Pattern

of vitellogenesis and ovarian follicular cycle of *Fundulus heteroclitus*. *General and Comparative Endocrinology*. 103 : 24 - 35.

- Chadiana, D. 1989. Keberhasilan penggunaan sperma ikan mola (*Hypophthalmichthys molitrix* Val) pada ginogenesis ikan mas (*Cyprinus carpio* L). Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Chang, J. P. and R. E. Peter. 1982. Action of dopamine on gonadotropin release in Goldfish (*Carassius auratus*). *Proceeding of the International Symposium on reproductive physiology of fish*. Wageningen, The Netherlands, 2 - 5 August 1982.
- Chourrout, D. 1987. *Genetica manipulation in fish : Review of Methods*. Proc. World. Symp. On Selection, Hybridization and Genetics Engineering in Aquaculture, Bordeaux 27 - 30 May, 1986. Vol. II. Berlin. P. 112 - 122.
- Donaldson, E. M., U. H. M. Fagerlund, D. A. Higgs and J. R. Bride. 1978. Hormonal enhancement of growth. In W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds). *Fish Physiology Vol. VIII*. Academic Press, New York. P : 456 - 597.
- Donaldson, E. M., G. A. Hunter. 1983. Induced fish maturation, ovulation and spermiation in cultured fish. Pp. 405 - 441. In W. S. Hoar D. J. Randall and E. M. Donaldson, ed *Fish Physiology, Volume IX, Reproduction (Part B)*. Academic Press., New York.
- Davy, F. B. and A. Chourinard, 1980. Induced fish breeding in Shoutheast Asia, IRDC, 48 pp.
- Djojosoebagio A. S. 1990. *Fisiologi Kelenjar Endokrin*. Volume I. PAU Ilmu Hayat, IPB, Bogor.
- Effendie, M.I. 1978. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama, Yogyakarta.
- Fremont, L., C. Leger, B. Petridou and M. T. Gozzelino. 1984. Effects of a Polynsaturated fatty acid deficient diet on profiles of serum vittellogenin and lipoprotein in vittelogenic trout (*Salmo gairdneri*), *Lipids* 19, 522-524.

Hardjamulia, A. 1975. Budidaya perikanan. SUPM Bogor. Badan Pendidikan Latihan dan Penyuluhan Pertanian. Departemen Pertanian.

Hardjamulia, A. dan S. Atmawinata. 1980. Teknik hipofisasi beberapa jenis ikan air tawar. Prosiding lokakarya nasional teknologi tepat guna bagi pengembangan perikanan budidaya air tawar. Bogor.

Harker, K. 1992. Pembiakan kap dengan menggunakan ovaprim di India. *Warta Akuakulture*. Vol. 2, No. 3.

Harvey, B.J. and W.S. Hoar. 1979. The theory and practice of induced breeding in fish. IDRC, Ottawa., Canada.

Heming, T. A. dan R. K. Buddington. 1988. Yolk absorption in embrionic and larval fishes. In W. S. Hoar, D. J. Randall and E.M. Donaldson (eds). *Fish Physiology* vol. XI A. Academic Press, New York.

Hoar, W. S., D. J. Randall, and E. M. Donaldson. 1983. *Fish physiology*, volume IX. Reproduction. Part B. Behavior and fertility control. Academic Press., New York.

Hollebecq, M. G., D. Chourrout, G. Wohlfart and R. Billard. 1986. Diploids ginogenesis induced by head shock after activation with irradiated sperm in commom carp. *Aquaculture*, 54 : 69 - 75.

Johns, L. S., Liley, N. R., and Seghers, B. H. 1984. The effects of gonadectomy on the reproductive behaviour of the blue gourami, *Trichogaster trichopterus*. In preparation.

Kagawa, H., G. Young, S. Adachi and Y. Nagahama. 1982. Estradiol - 17 α production in Amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*) ovarian follicle : Role of the thecal and granulose cells. *General and comparative endocrinology*, 47 : 440 - 448.

Kamler, E. 1992. Early lefe history of fish and energetic approach. Chapman and Hall. London.

Komen, J., J. Duynhouwer, C. J. H. Richter and F. A. Huisman. 1988. Gynogenesis in common carp (*Cyprinus carpio* L). I. Effect of genetic manipulation of sexual products and incubation condition of eggs. *Aquaculture* 69 : 227 - 239.

Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. H. Miller and D., R. M. Passino. 1977. *Ichthyology*, John Wiley & Sons. Inc. Toronto., Canada.

Lam, T.J. 1985. Induced spawning in fish. Proceedings for workshop held in Tungkang Marine Laboratory, Taiwan, April 22 - 24, 1985. *Reproduction in culture of milkfish*, 14 - 56.

Leary, R. F., F. W. Allendorf., K. L. Knudsen and thorgaard. 1985. Heterozygosity and developmental stability in gynogenetic diploid and triploid Rainbow Trout. *Heredity* 54 : 219 - 225.

Leu, Y. D. and C. E. Purdom. 1984. Diploid gynogenesis induced hydrostatic presurew in raibow trout (*Salmo gairneri*). *J. Fish Biology*, 24 : 665 - 670.

Mardiyanti, R. E. 1989. Penampilan benih ikan diploid ginogenetik dan triploid ikan mas (*Cyprinus carpio* L). Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.

Matty, A.J., 1985. *Fish endocrinology*. Leaper and Gard. Ltd., London.

Mommsen, T. P and P. J. Walsh. 1988. Vitellogenin and oocyte assembly. In W.S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson (Eds). *Fish Physiology* Volume XI A. Academic Press. New York.

Nagahama, Y. 1987. Gonadotropin action on gametogenesis and steroidogenesis in teleostei gonads. *Zoological Science*, 4 : 209 - 222.

Nagy, TB., and D. R. Idler. 1978. Yolk formation and differentiation in teleostei fishes. In W. S. Hoar, D. J. Randaal and Donaldson (Eds). *Fish physiology* Vol. IX. Academic Press, New York.

Ng, TB., and D. R. Idler. 1984. Yolk formation and differetiantion in teleotei fishes. In W. S. Hoar, D. J. Randall and Donaldson (Eds). *Fish Physiology* Vol. IX. Academic Press, New York.

Nandeesh, M. C., K. G. RAO. R. Jayanna, N. C. Parker, T. J. Varghese, P. Keshavanah and H. P. C. Shetty. 1990 a. Induced spawning of Indian mayor carps through single aplication of ovaprim, *In* . Hirano and I. Hanyu, eds *The Second Asian Fisheries Society*, Manila p. 36 - 71.

- Nandeesh, M. C., Ramacharya and T. J. Vorghese. 1991. Further observation on breeding of carps with ovaprim. Special Publication No. 6. Asian Fisheries Society. Indian Branch, Mangalore India.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of Fishes. Academic Press., New York.
- Nurman. 1995. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan PGF₂ a terhadap kualitas spermatozoa ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* Burcheel). Tesis Magister Sains Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Pan, M. L., W. J. Bell and W. H. Telfer. 1969. Vitelogenic Blood protein synthesis by insert fat body. *Scienc* 165 : 393 -394.
- Phillips, R. B., K. D. Zajicek, P. E. Ihssens and O. Johnson. 1986. Application of silver staining to the identification of triploid fish cells. *Aquaculture*, 54 : 313 – 319.
- Putra, R. M., dan Sukendi. 1998. Pengaruh Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan PGF₂ a terhadap volume semen dan kualitas spermatozoa ikan klemak (*Leptobarbus hoeveni* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Putra, R. M. dan Sukendi. 2000. Peningkatan volume semen dan kualitas spermatozoa ikan baung (*Mystus nemurus* CV) melalui penyuntikan ovaprim. Lembaga Penelitian Universitas Riau Pekanbaru.
- Putra, R. M. Sukendi dan Pardinan. 2000. Pengaruh lama penyimpanan mani pada konsentrasi methanol berbeda terhadap kualitas spermatozoa ikan baung (*Mystus nemurus* CV). Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- Ricker , W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish Res. Board Can.* No. 119 : 191 - 382.
- Sambara, S. 1989. Keberhasilan penggunaan sperma ikan nilem (*Osteochilus hasselti* CV) pada ginogenesis ikan mas (*Cyprinus carpio* L). Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.

- Selman, K. and Wallace. 1988. Cellular aspects of oocyte growth in teleost, *Zool. Sci* 6 : 211 -231.
- Setiadini, D. 1988. Keberhasilan penggunaan sperma ikan tawas (*Puntius javanicus* Blkr) pada ginogenesis ikan mas (*Cyprinus carpio* L). Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Shilo, M. and S. Sarig. 1982. Fish culture in warm water system. *Problema and trend*. Boca Raton., Florida.
- Schulz, R. 1984. Serum level of 11 – oxotestosteron in male and – 17 â estradiol in female rainbow trout (*Salmo gairneri*) during the first reproductive cycle. *General and comparative endocrinology*, 96 : 351 – 353.
- Stanley. J. G. and Jones. J. B. 1976. Morphology of androgenetic and gynogenetic grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Valenciennes. *J. Fish Biol.* 9, 523 – 528,
- Sukendi. 1995. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F₂ a terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* Burcheel). Tesis Magister Sains Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sukendi. 1996. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F₂ a terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata* Blkr)). *Terubuk XXIII*, 68 : 78 - 87.
- Sukendi.. B. Purwantara,. S. Sikar dan A. Hardjamulia. 1996. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F₂ a terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan lelel dumbo (*Clarias gariepinus* Burcheel). *Terubuk XXII*, 65 : 50 – 60.
- Sukendi. 1997. Pengaruh penyuntikan ovaprim terhadap fertilitas dan daya tetas telur ikan sumatera (*Puntius tetrazona* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sukendi. 2001. Biologi reproduksi dan pengendaliannya dalam upaya pembenihan ikan baung (*Mystus nemurus* CV) dari perairan Sungai Kampar Riau. Disertasi Program Pascasarjana IPB Bogor.

- Sukendi, Yurisman, Thamrin Masril dan Hermiah,. 2002. Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F₂ terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan kapek (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau bekerjasama dengan Proyek Pembinaan Kelembagaan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (ARMP - II) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sukendi., R. M. Putra dan Yurisman. 2006. Teknologi pembenihan dan budidaya ikan kapek (*Puntius schwanefeldi* Blkr) dari perairan Sungai kampar riau. Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- Sumantadinata, K. 1988. Pengembangbiakan Ikan - ikan Peliharaan di Indonesia. PT. Satra Hudaya. Jakarta.
- Sutterlin, A. M., J. Holder and T. J. Benfey. 1987. Early survival rates and subsequent morphological abnormalities in landlocked, anadromous and hybrid (landlock x anadromous) diploid and triploid Atlntic salmon. *Aquaculture*, 64 : 157 - 164.
- Suyanto, S. R. 1987. Budidaya ikan lele. PS Penebar Swadaya Anggota IKAPI Jakarta.
- Thorgaard, G. H. and Allen, A. 1987. adult triploids in rainbow trout family. *Genetics* 93. 961 - 973.
- Turner, D. C. dan J. T. Bagnara., 1988. Endocrinologi Umum. Edisi keenam. Airlangga University Press, Yokayakarta.
- Tyler, C. R., J. P. Sumpter & P. M. Campbell. 1991. Uptake of vitellogenesis into oocyte during early vitellogenic in the rainbouw trout, *Onchorincus mykiss* W. J. Fish. Biol., 38 : 681 - 689.
- Vaston, A., Arthur P. Arnold and B. A Schlinger. 1996. 3 α - Hydroxysteroid dehydrogenase/isomerase and aromatase activity in primary culture of developing zebra finch telencephalone : dehydroepiandrosterone as subtract for sintesis of androstenedione and estrogen, general and comparative endocrinology, 102 : 342 - 350.
- Vejaratmol, R. and T. Pewnim. 1990. Induction all female sterile triploid

Oreochronus mossambicus, *Aquaqulture*, 84 : 117 - 123.

- Ville, C. A., E. P. Solomon dan P. W. Davis. 1985. *Biology*. CBS Coolege publishing New York.
- Wallace, R. A. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleost. *Anim. Zool*, 21 : 325 - 343.
- Woynarovich, E. and L. Horvath. 1980. The artificial propagation of warm water finfish. A manual for extention. FAO, Fisheries Tehnical paper No. 20/FIR/ T. 20.
- Yamazaki, F. 1983. Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish *Carrasius auratus* with special reference to the function of the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish. Hakkaido Univ.* 13, 1-64.
- Yani, A. 1994. Pola reproduksi ikan bentulu (*Barbichthys laevis* CV, Cyprinidae, Ostariophysi) di Sungai Indragiri, Riau. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Yaron Z. 1995. Endocrine control of gametogenesis on spawning induction in carp. *Aquaculture* I, 29 : 49 - 73.
- Yatim, W. 1986. *Genetika*. Penerbit Tarsito. Bandung, 397 hal.



Pada kesempatan yang berbahagia ini izinkanlah saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Rektor Universitas Riau dan seluruh anggota Senat, Guru Besar Universitas Riau yang telah berkenan menyetujui dan mengizinkan mulai dari pengusulan Guru Besar saya sampai dengan pelaksanaan orasi ilmiah ini sebagai pengukuhan Guru Besar Tetap dalam Ilmu Biologi Produksi pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Bapak Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau dan seluruh anggota Senat, Guru Besar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan yang telah menyetujui usulan Guru Besar saya dari Fakultas ke pihak Universitas.

Saya yakin dan percaya bahwa pastilah ada peran orang lain dalam prestasi yang telah diraih oleh seseorang. Oleh sebab itu ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Bapak dan Ibu promotor dan copromotor sewaktu saya menyelesaikan program doktor saya di Institut Pertanian Bogor, masing-masing kepada Bapak Prof. Dr. Mozes R. Toelihere, M. Sc (Alm), Bapak Prof Dr. Moch. Ichsan Effendie, M.Sc (Alm), Ibu Prof. Dr. Sri Hartini Syafri Sikar, Bapak Dr. Atmadja Hardjamulia, MS APU dan Bapak Dr. D. Djokosetiyanto, DEA yang telah banyak memberikan bimbingan arahan dan dorongan sehingga saya dapat menyelesaikan studi S3 saya dalam waktu 3 tahun 4 bulan dengan IPK 4,0 dan predikat cum laude. Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Bapak dan Ibu dosen pembimbing saya sewaktu menyelesaikan program Magister Sains di Institut Pertanian Bogor, masing-masing kepada Bapak Dr. Bambang Purwantara, M.Sc, Ibu Prof. Dr. Sri Hartini Syafri Sikar dan Bapak Dr. Atmadja Hardjamulia, MS APU, berkat bimbingan mereka tersebut saya dapat menyelesaikan program Magister Sains dan dapat melanjutkan ke jenjang Program S3.

Kepada Bapak Ir. A. Sianturi dan Bapak Ir. Ridwan Said (Alm) selaku pembimbing sewaktu saya menyelesaikan pendidikan sarjana di Fakultas Perikanan (sekarang Faperika Unri) saya ucapkan terima kasih, karena berkat bimbingan mereka pula saya dapat menyelesaikan sarjana saya dan dapat melanjutkan ke jenjang program Magister Sains.

Kepada Bapak dan Ibu dosen saya sewaktu mengikuti perkuliahan di Fakultas Perikanan Universitas Riau diucapkan terima kasih, masing-masing kepada Bapak Prof Dr Mucthar Ahmad, M.Sc, Bapak Prof. Dr. Ir. Rasoel Hamidy, MS, Bapak Prof. Dr. Ir. Adnan Kasry, Bapak Prof. Dr Ir. Tengku Dahril, M.Sc, Bapak Dr. Ir. I. Putu Sedana, M.Sc, Ibu Prof. Dr. Mirna Ilza, MS Ibu Ir. Nuraini Hasibuan, Ibu Ir. Wazna Amin, Ibu Ir. Idasary Boer, MS, Ibu Yuanita Syofiani, SH, Bapak Ir. Yusniar Hamidy, M.Si, Bapak Ir. Mansyur Kadir, MS, Bapak Ir. Yuni Asli Yunus, M.Sc dan Bapak Drs. Soewardi Lukman, MS. Khusus kepada Ibu Ir. Asna Moa'moen, M.Sc dan Bapak Drs. Syafril Anwar saya ucapkan terima kasih sedalam-dalamnya yang menjabat sebagai dekan ketika saya menyelesaikan pendidikan di Fakultas Perikanan Universitas Riau. Kepada pimpinan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Jurusan Budidaya Perairan serta seluruh staf Pengajar dan Pegawai, saya sampaikan terima kasih atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan selama ini. Secara khusus saya sampaikan terima kasih kepada saudara Bakhtiar, S.Sos dan Saudara Ir. Ahmadi Trikora yang telah membantu dalam pengetikan laporan penelitian, buku dan jurnal yang saya tulis selama ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Adiwarno Paul, BA Kepala SMA Negeri I Bangkinang, ketika saya mengikuti pendidikan di SMA, Bapak Fahrudin dan Bapak Dailami (Alm) Kepala SMP Negeri I Bangkinang, ketika saya mengikuti pendidikan di SMP dan Ibu Sriwidjati Kepala SD Negeri 2 Bangkinang, ketika saya mengikuti pendidikan di Sekolah Dasar.

Kepada istri tercinta, Ir. Andayani, saya sampaikan pula terima kasih dan penghargaan yang telah memberikan perhatian dan dorongan kepada saya untuk berkarir dan perhatian yang tinggi selama 15 tahun telah berlangsungnya usia pernikahan kami. Rasa terima kasih juga saya sampaikan kepada anak-anak kami tersayang masing-masing Faradini dan Maulana Ichsan.

Kepada kedua orang tua saya ayahanda almarhum H Muhammad Saleh B. Hutapea dan ibunda almarhumah Hj. Alam Basrah Pohan yang telah membesarkan saya, membimbing, memberi semangat dan doa sehingga saya hari ini dapat dikukuhkan sebagai Guru Besar Tetap dalam Ilmu Biologi Produksi pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.

Ungkapan rasa terima kasih dan penghargaan yang tinggi saya sampaikan pula kepada kedua mertua saya, ayahanda Drs. H. Ibrahim Saleh dan Ibunda Hj. Hamida Sa'dli yang telah memberikan semangat, nasehat dan doa baik sewaktu saya mengikuti pendidikan di Program S2 dan S3 maupun dalam saya melaksanakan tugas sebagai dosen di

Universitas Riau. Kepada semua kakak, adik, keponakan dan saudara-saudara saya yang telah memberikan dukungan dan doa juga tak lupa saya ucapkan terima kasih.

Kepada seluruh anggota panitia yang telah bekerja keras untuk membantu terlaksananya upacara pengukuhan ini saya ucapkan terima kasih, kepada para kerabat, sahabat dan alumni serta mahasiswa yang telah berjasa membantu selama ini saya sampaikan banyak terima kasih.

Saya yakin dan percaya bahwa untuk memperoleh gelar Guru Besar bukanlah suatu hal yang mudah, tetapi penuh dengan rintangan dan cobaan yang harus mampu saya hadapi. Ketika saya selesai melaksanakan penelitian program S3 saya, ketika itu pula anak saya kedua almarhumah Afifah dipanggil oleh Allah SWT, sehingga saya harus menunda penyusunan laporan penelitian disertasi saya. Disaat saya sibuk menyelesaikan penelitian-penelitian yang saya butuhkan untuk pengusulan Guru Besar ini, baik yang didanai oleh Dikti (Hibah Bersaing) maupun yang didanai oleh Pemerintah Kabupaten, disaat itu pula ayahanda tercinta almarhum H. Muhammad Saleh B. Hutapea masuk rumah sakit sampai akhirnya beliau dipanggil oleh Allah SWT. Disaat berkas administrasi usulan Guru Besar saya ini telah lengkap dan diusulkan ke Dikti untuk diproses disaat itu pula ibunda tercinta almarhumah Hj. Alam Basrah Pohan masuk rumah sakit dan dirawat selama tiga bulan, sampai akhirnya juga beliau dipanggil oleh Allah SWT, tepatnya tanggal 4 Maret 2008 yang lalu. Kalaulah kedua orang tua saya tersebut masih ada, saya yakin mereka pasti akan ikut pula hadir bersama di dalam acara pengukuhan Guru Besar saya ini. Namun semua ini merupakan suatu cobaan yang harus mampu saya hadapi.

Oleh sebab itu bagi saya Gelar Guru Besar yang telah saya peroleh pada hari ini bukanlah gelar yang harus dibesar-besarkan atau yang harus dibanggakan, tetapi gelar yang harus bisa diterapkan di dunia pendidikan, khususnya di perguruan tinggi dan yang harus dapat dipertanggung jawabkan baik di dunia maupun di akhirat.

Akhirnya, dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT dan mohon ampunan-Nya saya akhiri pidato orasi ilmiah ini, hanya sekian lebih dan kurang saya mohon maaf.

Wabillahi Taupiq Wal Hidayah,

Wassalamu' alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Prof. Dr. Ir. Sukendi, M.Si
NIP : 131 862 392
Pangkat/Golongan : Pembina/IV a
Jabatan : Guru Besar Tetap dalam Biologi
Produksi, Fakultas Perikanan dan
Ilmu Kelautan universitas Riau
Unit Kerja : Jurusan Budidaya Perairan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu
Kelautan Universitas Riau
Tempat/Tanggal Lahir : Pekanbaru/13 Oktober 1962
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Nama Ayah : H. Muhammad Saleh B. Hutapea
(Alm)
Nama Ibu : Hj.Alam Basrah Pohan (Alm)
Status Keluarga
Nama Istri : Ir. Andayani
Anak-anak : Faradini/ Pekanbaru, 28 Mei
1994, SMP Negeri I Pekanbaru
Maulana Ichsan/Pekanbaru, 13
Mei 2003, Belum Sekolah
Alamat Rumah : Jalan Jati Gang Damai No. 30,
Kelurahan Kampung Baru,
Kecamatan Senapelan,
Pekanbaru
Alamat Kantor : Kampus Bina Wydia Km. 12,5
Simpang Panam Pekanbaru,
Telp. (0761) 63274, 63275
Fax. (0761) 63275.

PENDIDIKAN

1. Strata 3 (Doktor). Jurusan Biologi Reproduksi, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor 2001.

Disertasi :

Biologi reproduksi dan pengendaliannya dalam pembenihan ikan baung (*Mystus nemurus* CV) dari Perairan Sungai Kampar, Riau.

2. Strata 2 (Magister Saine). Jurusan Biologi Reproduksi, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor 1995.

Tesis :

Pengaruh kombinasi penyuntikan ovaprim dan prostaglandin F2 á (PG F2 á) terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* Burchell)

3. Strata 1 (Insinyur). Program Studi Teknologi Penangkapan, Fakultas Perikanan Universitas Riau, Pekanbaru 1988.

Skripsi :

Pengaruh jumlah tali lengan dan posisi mulut yang berbeda terhadap hasil tangkapan pengerih di perairan Selat Bengkalis, Kabupaten Bengkalis Propinsi Riau

4. SMA (Sekolah Menengah Atas) Negeri 1. Bangkinang , Bangkinang 1983
5. SMP (Sekolah Menengah Pertama) Negeri 1 Bangkinang, Bangkinang 1980.
6. SD (Sekolah Dasar) Negeri 2 Bangkinang, Bangkinang 1977.

RIWAYAT PEKERJAAN

1. Calon Pegawai (Capeg) Negeri Sipil (22-07-1989)
2. Pegawai Negeri Sipil (PNS) (Dosen tetap Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, (30-07-1990).
3. Ketua Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau (15 - 04 - 2002 s/d 23 - 01 - 2003).
4. Ketua Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau (23 - 01 - 2003 s/d 01 - 06 - 2006)
5. Pembantu Dekan I Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau (20 - 05 - 2006 s/d sekarang)
6. Guru Besar (Prof.) (1 Nopember 2007 - sekarang)

PERKULIAHAN

1. Program Diploma III
Biologi Reproduksi Ikan (2001 - sekarang)
Pengantar Perikanan dan Ilmu Kelautan (2005 - sekarang)
2. Program S1
Biologi Perikanan (1990 - 1992)
Ichthyology (1990 - 1992)
Metoda Penangkapan Ikan (1990 - 1992)

Praktek Laut (1990 - 1992)

Manajemen Produksi Pembenihan Ikan (1995 - 1997)

Rancangan Percobaan (1995 - 1997)

Pengantar Ilmu Perikanan (1995 - 1997)

Biologi Reproduksi Ikan (2001 - sekarang)

Kultur Pakan Alami (2001 - sekarang)

Fisiologi Reproduksi Organisme Akuatik (2005 - sekarang)

Pengantar Perikanan dan Ilmu Kelautan (2005 - sekarang)

3. Program S2

Ichthyology (2001 - 2002)

Metoda Penelitian (2006 - sekarang)

BUKU/BAHAN AJAR

1. Sukendi. 2007. Fisiologi Reproduksi Ikan. Mina Mandiri Press ISBN 979-25-3162-8
2. Sukendi. 2007. Baung, Biologi, Reproduksi, Pembenihan dan Budidaya. Mina Mandiri Press. ISBN 979-25-3163-7
3. Alawi, H., Nuraini dan Sukendi. 2006. Genetika dan Pemuliaan Ikan. Unri Press ISBN 979-792-017-8
4. Sukendi. 2006. Vitelogenesis dan Manipulasi Fertilisasi Pada Ikan. Bahan Ajar Biologi Reproduksi Ikan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau Pekanbaru.
5. Sukendi. 2005. Osmoregulasi Pada Ikan. Bahan Bacaan Fisiologi Ikan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau
6. Feliatra, A. Brown., S. Nurdin., Kusai., P. Sedana., Sukendi., Suparmi dan Elberizon. 2005. Pengantar Perikanan dan Ilmu Kelautan. Faperika Press ISBN 979-3314-00-1
7. Yurisman dan Sukendi. 2004. Biologi dan Kultur Pakan Alami. Unri Press ISBN 979-3587-20-5

PEMBIMBINGAN MAHASISWA

1. Telah meluluskan lebih dari 100 orang sarjana dan program D3 Budidaya Perairan
2. Telah meluluskan 2 orang Magister Sains dan masih membimbing 1 orang mahasiswa S2
3. Sedang membimbing 1 orang mahasiswa S3

PUBLIKASI (6 TAHUN TERAKHIR)

1. Sukendi. 2002. Pengaruh Penyuntikan Ekstrak Hipofisis Karper Kering dengan Dosis yang Berbeda terhadap Volume Semen dan Kualitas Spermatozoa Ikan Betutu Jantan (*Oxyeleotris marmorata* Blkr) dari

Perairan Sungai Kampar, Riau Terubuk Volume 29, No. 2 Juli 2002, IISN 0126 - 4265. (Jurnal Nasional)

2. Sukendi. 2003. Kebiasaan Makan Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) dari Perairan Sungai Kampar, Riau. Terubuk Volume 30. No. 2 Juli 2003, IISN 0126-4265. (Jurnal Nasional Terakreditasi)
3. Sukendi. 2005. Pengaruh Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á terhadap Perkembangan Histology Gonad dan Embriogenesis Ikan Baung. (*Mystus nemurus* CV). Dinamika Pertanian Volume XX, No. 1 April 2005, IISN 0215 - 2525. (Jurnal Nasional Terakreditasi)
4. Sukendi. 2005. Pengaruh Lama Penyimpanan Semen Hasil Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á pada Konsentrasi Methanol berbeda terhadap Kualitas Spermatozoa Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Blkr). Perikanan dan Kelautan, Volume 10, No. 1 Juni 2005, ISSN. 0853 - 7607. (Jurnal Nasional Terakreditasi)
5. Sukendi. 2005. Keberhasilan Teknologi Triploidisasi pada Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV). Terubuk Volume 32, No. 2, Juli 2005, ISSN 0126 - 42365. (Jurnal Nasional Terakreditasi).
6. Sukendi. 2005. Studi Morfologi dan Histologi Tingkat Kematangan Gonad Ikan Baung dari Perairan Sungai Kampar Riau. Dinamika Pertanian Volume XX, No 2, Agustus 2005, IISN 0215 - 2525. (Jurnal Nasional Terakreditasi).
7. Sukendi. 2005. Pengaruh Penyuntikan hCG Dan Ekstrak Kelenjar Hipofisa Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas Telur Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV). Perikanan dan Kelautan, Volume 10, No 2, 2005, ISSN. 0853 - 7607. (Jurnal Nasional Terakreditasi).
8. Ridwan Manda Putra dan Sukendi. 2005. Pengaruh Kambinasi Penyuntikan hCG dan Ekstrak Kelenjar Hipofisa Ikan Mas Terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas telur Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Perikanan dan Kelautan, Volume 10, No 2, 2005, ISSN. 0853 - 7607. (Jurnal Nasional Terakreditasi).
9. Sukendi. 2006. Pengaruh Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas Telur Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Terubuk Volume 33. No. 1 Februari 2006, IISN 0126-4265. Jurnal Nasional Terakreditasi.
10. Thamrin dan Sukendi. 2006. Penelitian Pendahuluan Perkembangan Gamet dan Fekunditas Ikan Belanak (*Liza tade* Forsk) di Perairan Pulau Baai Bengkulu. Terubuk Volume 33. No. 1 Februari 2006, IISN 0126-4265. (Jurnal Nasional Terakreditasi).

11. Sukendi dan Nuraini. 2006. Pengaruh Salinitas yang Berbeda Terhadap Perkembangan Embrio dan Penetasan Telur Ikan kakap Mata Kucing. Dinamika Pertanian Volume XXI, No 1, April 2006, IISN 0215 - 2525. (Jurnal Nasional Terakreditasi).
12. Nuraini dan Sukendi. 2006. Pengaruh Suhu yang Berbeda Terhadap Perkembangan Embrio dan Penetasan Telur Ikan Kakap Mata Kucing. Dinamika Pertanian Volume XXI, No 1, April 2006, IISN 0215 - 2525. (Jurnal Nasional terakreditasi).
13. Nuraini dan Sukendi, Peningkatan Volume Semen dan Kualitas Spermatozoa Ikan Betutu Melalui Kombinasi Penyuntikan hCG dan Ekstrak Hipofisa Ikan Mas. Dinamika Pertanian Volume XXI, No 2, Agustus 2006, IISN 0215 - 2525. (Jurnal Nasional Terakreditasi).

PENELITIAN (6 TAHUN TERAKHIR)

1. Sukendi, Yurisman, Thamrin, Masril dan Hermiah. 2002. Pengaruh Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas Telur Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau Bekerjasama dengan Proyek Pembinaan Kelembagaan Pertanian (ARMP-II) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
2. Sukendi, R. M. Putra dan Supriadi. 2002. Potensi Pembenihan dan Budidaya Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) di Kecamatan Kampar Kiri, Kabupaten Kampar Riau. Kerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Kabupaten Kampar dengan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.
5. Sukendi.. 2003. Keberhasilan Teknologi Triploidisasi dalam Memproduksi Benih Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) yang Steril untuk Percepatan Pertumbuhan. Kerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Kabupaten Kampar dengan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.
6. Sukendi. 2004. Pengaruh Lama Penyimpanan Semen Hasil Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á pada Konsentrasi Methanol Berbeda terhadap Kualitas Spermatozoa Ikan Betutu. (*Oxyeleotris marmorata* Blkr) Lembaga Penelitian Universitas Riau.
7. Putra, M R. dan Sukendi (2005). Pengaruh Kombinasi Penyuntikan hCG dan Ekstrak Kelenjar Hipofisa Ikan Mas terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas Telur Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau.
8. Sukendi. 2005. Pengaruh Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F2 á terhadap Daya Rangsang Ovulasi dan Kualitas Telur Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). Lembaga Penelitian Universitas Riau.

9. Nuraini dan Sukendi. 2006. Peningkatan Volume Semen dan Kualitas Spermatozoa Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata* Blkr) melalui Kombinasi Penyuntikan hCG dan Ekstrak Kelenjar Hipofisa Ikan Mas. Lembaga Penelitian Universitas Riau.
10. Sukendi., R. M. Putra. dan Yurisman 2006. Teknologi Pembenihan Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). dari Perairan Sungai Kampar Riau. Lembaga Penelitian Universitas Riau, Hibah Bersaing Dikti
11. Sukendi., R. M. Putra. dan Yurisman 2007. Teknologi Budidaya Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr). dari Perairan Sungai Kampar Riau. Lembaga Penelitian Universitas Riau, Hibah Bersaing Dikti
12. Putra, M. R., Sukendi dan Yurisman. 2007. Teknologi Pembenihan dan Budidaya Ikan Pantau (*Rasbora lateristrata*). Lembaga Penelitian Universitas Riau, Hibah Bersaing Dikti.
13. Sukendi, R. M. Putra., Yurisman dan Syafriadiman. 2007. Pengembangan Ikan Bibit Unggul di Kabupaten Kampar. Kerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Balitbangda) Kabupaten Kampar dengan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.

PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (6TAHUN TERAKHIR)

1. 2002. Penerapan Teknik Pembenihan Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) dengan Menggunakan Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F₂ á di Kelurahan Pulau Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar (IPTEK, Dana DP3M – DIKTI 2002) Ketua.
2. 2003. Penerapan Teknik Penyuntikan Ekstrak Hipofisis Karper Kering dalam Pembenihan Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) di Desa Laboi Jaya, Kecamatan Bangkinang Kabupaten Kampar, Riau (IPTEK, Dana DP3M – DIKTI, 2003) Ketua.
3. 2004. Penerapan Teknologi Pemijahan Buatan Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr) dengan Menggunakan Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F₂ á di Desa Laboi Jaya Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar Riau (IPTEK, Dana DP3M – DIKTI, 2004) Ketua.
4. 2006. Penerapan Teknologi Pemijahan Buatan Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr) dengan Menggunakan Kombinasi Penyuntikan Ovaprim dan Prostaglandin F₂ á di Desa Pantai Cermin Kecamatan Tapung, Kabupaten Kampar, Riau (IPTEK, Dana DP3M- DIKTI, 2006) Ketua.

PELATIHAN/WORSKHOP

1. Penataran dan Lokakarya Metodologi Program Pengabdian Kepada Masyarakat. DIKTI, 2006

2. Pelatihan Pengelolaan Laboratorium. Faperika UNRI, 2006.
3. Pelatihan Kurikulum Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Se Indonesia, Faperika UNRI, 2005.
4. Technical Assitance Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Faperika UNRI, 2005.
5. Technical Assitance Peningkatan Kinerja Pengelola dan Pemanfaatan Laboratorium, Faperika UNRI, 2005.
6. Technical Assitance Pelatihan Pembuatan Preparat Histologis, Faperika UNRI Pekanbaru, 2004.
7. Technical Assitance Pengolahan dan Prestasi data, Faperika UNRI Pekanbaru, 2004.
8. Workshop Perencanaan Penelitian Jangka Panjang Pekanbaru. Universitas Riau, 2003
9. Pelatihan Sosialisasi Program Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Riau, 2003.
10. Technical Assitance Importance of Phytoplankton in the Aquakulture Industry, Faperika UNRI Pekanbaru, 2002.
11. Technical Assitance Bioteknologi Kelautan, Faperika UNRI Pekanbaru, 2002.

SEMINAR/INSTRUKTUR/TENAGA AHLI

1. Pemakalah Pada Seminar Konsep dan Implementasi Pola Pengembangan Ekonomi Perikanan dan Kelautan di Propinsi Riau. 2003, dengan judul “. Prospek Pembenihan dan Budidaya Ikan Baung (*Mystus nemurus* CV) di Kabupaten Kampar”. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau
2. Pemakalah Pada Seminar Hasil-Hasil Penelitian Balitbangda Kabupaten Kampar 2003, dengan judul “ Peningkatan Mutu Benih Ikan di Kabupaten Kampar”. Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Kampar.
3. Pemakalah Pada Seminar Internasional JSPS. 2005, dengan judul “ The Effort of Catfish (*Mystus nemurus* CV) Hatching with Optimum Dosage Combination of Ovaprim and PGF 2á”. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau
4. Pemakalah Pada Seminar Hasil-Hasil Penelitian Hibah Bersaing XIV/ 2 Tahap IITahun 2006, dengan judul “Teknologi Pembenihan Ikan Kapiék (*Puntius schwanefeldi* Blkr) dari Perairan Sungai Kampar, Riau”. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
5. Seminar Konferensi Sains Kelautan dan Perikanan. 2007, dengan judul “ Effect of Ovaprim and Prostaglandin F₂ á on Semen Volume and

Sperm Quality in Kapiat (*Puntius schwanefeldi* Blkr)". Institut Pertanian Bogor.

6. Instruktur pada Pelatihan Pembuatan Proposal Pengabdian Kepada Masyarakat 2007, dengan topik "Metoda Penulisan Proposal Vucer Multi Tahun". Universitas Islam Riau.
7. Koordinator Bidang Kehewananan Komda Plasma Nutfah Riau, 2005 - sekarang
8. Tim Ahli pada Jaringan Pembenihan dan Genetika Ikan Nila Tingkat Propinsi Riau, 2005 s/d 2006.
9. Tim Ahli pada Lembaga Penelitian Universitas Riau, 2003 s/d 2004