

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN VITAMIN E DAN VITAMIN A PADA
PAKAN TERHADAP PERFORMA REPRODUKSI AWAL INDUK NILA
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) GIFT BETINA**

(SKRIPSI)

Oleh

KLARAFITA AURI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS VITAMIN E AND A ADDITION IN THE FEED TO EARLY REPRODUCTIVE PERFORMANCE FEMALE TILAPIAS *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) GIFT

By

KLARAFITA AURI

Tilapias GIFT (*genetic improvement of farmed tilapias*) are potential freshwater consumption fish to be developed. Tilapias have an early sexual maturity and can reproduce throughout the year, with a short vitellogenic period, thus requiring a physiological process that demands a high metabolic rate. However, these fish have a low fecundity combined with non-simultaneous spawning which can affect the decline in the commercial development process. To improve the development process of gonad is done by adding vitamin E and A to the feed. The purpose of this study was evaluate the female early reproduction performance with a combination of vitamin E (VE) and vitamin A (VA) in feed. The experimental design used a completely randomized design with a different combination of the P1 (0 + 0), P2 (0 + 10,000), P3 (100 + 0), P4 (100 + 10,000), P5 (300 + 30,000) with 3 individual replays. The treatment was applied to female GIFT tilapias aged 3 month for 8 weeks to 15 fish per treatment. The fish used was estimated to be sexually mature with an early gonad maturity level, namely TKG II. The result showed that, the addition of a combination vitamin E and A could improve the early reproduction performance of GIFT female tilapias that affected the results of fecundity, egg diameter, hepar somatic index (IHS) and hatching rate (HR). The optimum dose to improve the early reproductive performance of GIFT tilapias were the P3 (100+0) and P4 (100+10,000) treatments.

Keywords : *Tilapia GIFT, vitamin E, vitamin A, reproductive performance and gonad maturity level.*

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PENAMBAHAN VITAMIN E DAN VITAMIN A PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA REPRODUKSI AWAL INDUK NILA *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) GIFT BETINA

Oleh

KLARAFITA AURI

Ikan nila GIFT (*genetic improvement of farmed tilapias*) merupakan ikan konsumsi air tawar yang potensial untuk dikembangkan. Ikan nila memiliki kematangan seksual dini dan dapat bereproduksi sepanjang tahun, dengan periode *vitellogenic* yang pendek, sehingga membutuhkan suatu proses fisiologis yang menuntut tingkat metabolisme yang tinggi. Namun demikian, ikan ini memiliki fekunditas rendah yang dikombinasikan dengan pemijahan yang tidak serentak sehingga dapat mempengaruhi penurunan proses pengembangan komersialnya. Untuk meningkatkan proses perkembangan gonad dilakukan dengan cara menambahkan vitamin E dan vitamin A pada pakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performa reproduksi awal induk betina dengan kombinasi vitamin E (VE) dan vitamin A (VA) pada pakan. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan kombinasi yang berbeda yaitu P1(0+0), P2 (0+10.000), P3(100+0), P4 (100+10.000) dan P5 (300+30.000) dengan 3 ulangan individu. Perlakuan diaplikasikan pada calon induk nila Gift betina berumur 3 bulan selama 8 minggu pada 15 ekor ikan per perlakuan. Ikan uji yang digunakan diperkirakan sudah dewasa secara seksual dengan tingkat kematangan gonad awal yaitu TKG II. Hasil penelitian menunjukkan Berdasarkan hasil penelitian, penambahan kombinasi vitamin E dan vitamin A dapat meningkatkan performa reproduksi awal ikan nila GIFT betina yaitu dapat mempengaruhi hasil fekunditas, diameter telur, Indeks Hepar Somatik (IHS) dan derajat tetas telur (HR). Dosis optimum untuk meningkatkan performa reproduksi awal induk nila GIFT yaitu pada perlakuan P3 (100+0) dan P4 (100+10.000).

Kata kunci : *Nila GIFT, vitamin E, vitamin A, performa reproduksi dan tingkat kematangan gonad.*

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN VITAMIN E DAN VITAMIN A PADA
PAKAN TERHADAP PERFORMA REPRODUKSI AWAL INDUK NILA
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) GIFT BETINA**

Oleh

KLARAFITA AURI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA PERIKANAN

Pada

Jurusan Perikanan dan Kelautan
Program Studi Budidaya Perairan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS PENAMBAHAN VITAMIN E DAN VITAMIN A PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA REPRODUKSI AWAL INDUK NILA *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) GIFT BETINA**

Nama Mahasiswa : **Klarafita Auri**


Nomor Pokok Mahasiswa : **1514111084**


Program Studi : **Budidaya Perairan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

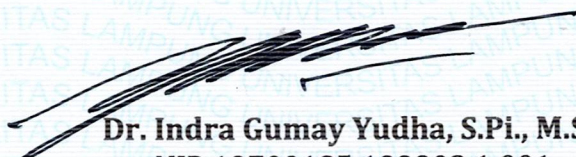
Fakultas : **Pertanian**




Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP 19830923 200604 2 001


Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.
NIP 19900318 201903 2 026

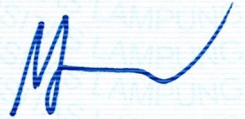
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP 19700185 199903 1 001

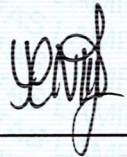
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

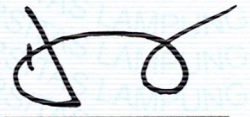
Ketua : **Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.**



Sekretaris : **Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196111020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **17 Juni 2021**

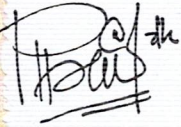
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis, skripsi/laporan akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan Penguji.
3. Dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan naskah yang disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Bandar Lampung, 15 Desember 2021
Yang membuat pernyataan,




Klarafita Auri
NPM. 1514111084

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 15 Januari 1998 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara, putri pasangan Bapak Untung Yuwono dan Ibu Asturi. Penulis menempuh jenjang pendidikan formal pada tahun 2003-2009 di SD Negeri 2 Perumnas Wayhalim. Pada tahun 2012-2015 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 19 Bandar Lampung. Pada tahun 2012-2015 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Al-Huda Jatiagung, Lampung Selatan.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2015. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Kuripan, Kecamatan Limau, Kabupaten Tanggamus, pada Bulan Januari-Februari 2018 dan pada Juli-Agustus 2018 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT. Central Proteina Prima, Tbk.. dengan judul “Monitoring Bakteri *Vibrio* sp. pada Intake dan Reservoar Produksi Pembenuhan Udang Vanname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Central Proteina Prima, Kalianda”. Tahun 2021 penulis menyelesaikan tugas akhir (skripsi) yang berjudul “Efektivitas Penambahan Vitamin E dan Vitamin A pada Pakan terhadap Performa Reproduksi Awal Induk Nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) GIFT Betina” di UPTD Balai Benih Ikan (BBI) Trimurjo, Lampung Tengah”.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan nikmat-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Skripsi ini merupakan bentuk karya baktiku untuk perjuangan orang tuaku tersayang, Bapak Untung Yuwono dan Ibu Asturi, serta kakak-kakaku, seluruh keluargaku, dan orang terkasihku yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk menyelesaikan masa studi.

Teman-teman Budidaya Perairan angkatan 2015 yang telah menemani dan memberikan semangat selama masa studi.

Almamater kebanggaan “Universitas Lampung”

MOTTO

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al-Baqarah: 286)*

“Cukuplah Allah menjadi penolong bagi kami dan Dia sebaik-baiknya pelindung.” (QS. Ali Imran: 173)

“Barang siapa yang memberi kemudahan orang yang mengalami kesulitan maka Allah akan memberi kemudahan kepadanya di dunia dan akhirat” (H.R. Muslim).

“The only person who is educated is the one who has learned how to learn and change” (Carl Rogers)

SANWACANA

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas semua karunia dan rahmat yang sudah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) yang berjudul “Efektivitas Penambahan Vitamin E dan Vitamin A pada Pakan Terhadap Performa Reproduksi Awal Induk Nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) GIFT Betina”.

Dalam proses menyelesaikan tugas ini, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung atas bimbingan dan arahan selama masa studi.
3. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc. Ph.D., selaku Pembimbing I, terima kasih atas kesediaannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi penulis.
4. Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing II, yang juga telah memberikan arahan, masukan, dan waktunya untuk membimbing penulis selama masa studi dan proses penyelesaian skripsi.
5. Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si., selaku Pembahas/Penguji, juga telah memberikan arahan, masukan, dan waktunya untuk membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi..
6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Perikanan dan Kelautan yang penuh dedikasi dalam memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis, serta segala bantuan yang diberikan selama penulis menyelesaikan studi.

7. UPTD Balai Benih Ikan (BBI) Trimurjo, Lampung Tengah yang telah memberikan fasilitas penelitian.
8. Kedua orangtuaku tersayang Bapak Untung Yuwono dan Ibu Asturi, beserta mba Ike Yulinar, S.Pd., mba Asta Winda Lestari, S.Pd., dan mas Hari Truman Auri, Amd.T., yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dukungan, doa, dan motivasi selama ini.
9. Saudara ipar mas Arif Maulia dan mba Eka Yuniarti serta keponakanku Cindy, Elma, Dhifa, Anindya, Kinan, Alzena dan Delisha yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa, dan motivasi selama ini.
10. Bapak Tedi, Mbah Bardi, Pak Suhar, Mas Heni, Pak Umar, Mbak Rima, Rohan yang telah menerima dan membantu penulis selama masa penelitian di BBI Trimurjo.
11. Iqlima, Melina Evita, Riyana, Nurani Yusuf, Asep Aisyidiqgia Marta yang telah membantu selama proses penelitian.
12. Vitri Amelia dan Riyanti yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi selama masa studi dan penyelesaian skripsi.
13. Adik-adik PKL Bratasena, Leleng, Eli, Yuli, Nadia, Mira, serta adik-adik PKL Rawa Jitu, Fiki, Diki, Uwin, Hilmi, dan Mekki yang telah membantu penulis selama masa penelitian di BBI Trimurjo.
14. Teman-teman Budidaya Perairan angkatan 2015 yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Bandar Lampung, Desember 2021

Penulis,

Klarafita Auri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Manfaat	4
1.4 Kerangka Pikir	4
1.5 Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biologi Reproduksi Nila GIFT	9
2.2 Vitelogenesis pada Ikan	11
2.3 Steroidogenesis pada Ikan.....	14
2.4 Fungsi Vitamin E pada Proses Pematangan Gonad	15
2.5 Fungsi Vitamin A pada Proses Pematangan Gonad.....	18
III.METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.3 Rancangan Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Pembuatan Pakan Perlakuan	24
3.4.2 Persiapan Ikan Uji	24
3.4.3 Sampling Ikan Uji	24
3.4.4 Pemijahan Ikan.....	25
3.4.5 Uji Histologi	25
3.5 Variabel Uji.....	26

3.5.1 Tingkat Kematangan Gonad (TKG)	26
3.5.2 Indeks Kematangan Gonad (IKG)	26
3.5.3 Indeks Hepar Somatik (IHS)	26
3.5.4 Fekunditas Relatif	27
3.5.5 Diameter Telur	27
3.5.6 Derajat Pembuahan Telur.....	27
3.5.7 Derajat Penetasan Telur	28
3.6 Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil	29
4.1.1 Tingkat Kematangan Gonad (TKG)	29
4.1.2 Indeks Gonad Somatik (IKG)	32
4.1.3 Indeks Hepato Somatik (IHS)	33
4.1.4 Diameter Telur	34
4.1.5 Fekunditas Relatif	35
4.1.6 Derajat Pembuahan Telur.....	36
4.1.7 Derajat Penetasan Telur	36
4.2 Pembahasan.....	37
V. SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Gambaran umum fase siklus reproduksi	11
2. Kebutuhan vitamin A pada berbagai spesies ikan	21
3. Perkembangan gonad induk nila GIFT secara histologi	30
4. Nilai indeks kematangan gonad (IKG) nila GIFT.....	32
5. Nilai indeks hepar somatik (IHS) nila GIFT	33
6. Nilai diameter telur nila GIFT	35
7. Nilai fekunditas relatif nila GIFT.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Representasi skematis dari kerangka pikir penelitian	6
2. Regulasi vitellogenesis ikan teleotei melalui <i>brain-pituitary-gonad</i>	13
3. Jalur steroidogenesis ikan teleost	15
4. Struktur kimia <i>a</i> -tocopherol	16
5. Stuktur kimia dari vitamin A dan karotenoid.....	19
6. Induk jantan dan betina nila GIFT	23
7. Tata letak kolam yang digunakan dalam penelitian.....	23
8. Dinamika perubahan nilai indeks kematangan gonad (IKG) nila GIFT	32
9. Dinamika perubahan nilai indeks hepar somatik (IHS) nila GIFT	33
10. Persentase derajat pembuahan nila GIFT.....	36
11. Persentase derajat penetasan nila GIFT	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data pemijahan induk nila GIFT betina.....	50
2. Data SAS dan uji duncan hasil penelitian	51
3. Pembuatan pakan perlakuan.....	56
4. Pengamatan parameter uji	57
5. Perkembangan gonad induk nila GIFT secara histologi	58

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu ikan yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki pertumbuhan yang cepat, mempunyai kemampuan beradaptasi yang baik, dan kualitas daging yang baik sehingga menghasilkan pasar yang terkonsolidasi dan terus berkembang (Watanabe *et al.*, 2012). Produksi nila di Indonesia menduduki peringkat pertama untuk jenis ikan budidaya dengan produksi diperkirakan mencapai 1,28 juta ton pada tahun 2017 dengan nilai produksi sebesar 27,9 triliun rupiah. Produksi nila tersebut didominasi oleh hasil kegiatan budidaya yang tersebar di berbagai daerah. Produsen nila terbesar dengan volume 242.324 ton yaitu Provinsi Jawa Barat, diikuti Sumatera Barat (130.973 ton), Sumatera Selatan (123.609 ton), Jawa Tengah (102.727 ton), dan Sulawesi Utara (89.687 ton) (Pusat Data Statistik dan Informasi KKP, 2018).

Salah satu strain nila yang memiliki karakter unggul adalah *genetic improved farmed tilapias* (GIFT) atau biasa disebut nila GIFT. Ikan ini merupakan hasil persilangan antara ikan mujair dan ikan nila hitam yang dikembangkan melalui *Genetic Improved Farmed Tilapias* (GIFT) *Project* di Filipina pada tahun 1987. Nila GIFT pertama kali didatangkan dari Filipina tahun 1994 oleh Balitkankar Sukamandi dan yang sekarang di Indonesia merupakan generasi ke-6. Spesies ini diharapkan oleh FAO dapat menjadi penyumbang utama untuk dapat meningkatkan produksi perikanan budidaya di dunia pada tahun 2025 (FAO, 2016). Nila GIFT merupakan ikan konsumsi air tawar yang potensial untuk dikembangkan karena mempunyai toleransi tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan, dapat dipelihara dengan kepadatan yang relatif tinggi, pertumbuhan yang cepat serta ukurannya lebih besar dibandingkan dengan nila strain lain. Nila GIFT memiliki

struktur daging putih bersih, tebal dan kenyal (Rukmini, 2012). Ikan nila memiliki kematangan seksual dini dan multipel, artinya nila dapat bereproduksi sepanjang tahun, dengan periode vitellogenik yang pendek (Izquierdo *et al.*, 2001), sehingga membutuhkan suatu proses fisiologis yang menuntut tingkat metabolisme yang tinggi. Namun demikian, ikan ini memiliki fekunditas rendah yang dikombinasikan dengan pemijahan yang tidak serentak merupakan faktor yang mempengaruhi penurunan proses pengembangan komersialnya (Tsadik, 2008). Penurunan proses pengembangan komersial nila GIFT harus diatasi dengan meningkatkan hasil produksi. Meningkatnya produksi nila GIFT tentunya harus didukung dengan ketersediaan benih yang mencukupi (kualitas, kuantitas, dan kontinuitas) sehingga permintaan pasar dapat terpenuhi. Ketersediaan benih menjadi faktor pembatas utama dalam pengembangan budidaya ikan (Tahapari *et al.*, 2019).

Salah satu cara untuk memperoleh hasil pembenihan yang optimal yaitu dengan memperbaiki kinerja reproduksi, yang ditingkatkan dengan cara melakukan kontrol reproduksi. Kontrol reproduksi dapat dilakukan dengan cara memperbaiki kinerja reproduksi, yang ditingkatkan dengan melakukan perbaikan nutrisi pada pakan induk (Utomo, 2009). Nutrisi pada pakan induk dapat berpengaruh pada perkembangan gonad, fekunditas, perkembangan embrio (Roy & Mollah, 2009), serta mutu dan jumlah benih yang dihasilkan (Izquierdo *et al.*, 2001). Salah satu nutrisi yang dapat diberikan pada pakan induk untuk memperbaiki kinerja reproduksi dan kualitas telur adalah vitamin, terutama vitamin E dan A.

Vitamin E dan A merupakan nutrisi yang terkandung dalam pakan komersial, namun kandungan vitamin tersebut pada pakan komersial belum mencukupi kebutuhan induk ikan (Darwisito, 2006). Vitamin E berfungsi sebagai antioksidan terutama untuk melindungi asam lemak tidak jenuh pada fosfolipid dalam membran sel (Hamre, 2011; Napitu *et al.*, 2013). Halver (2002) menyebutkan bahwa kebutuhan vitamin E pada rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) adalah 30 mg/kg pakan, ikan salmon (*Onchorynchus sp.*) 30 mg/kg pakan, dan pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) 80-100 mg/kg pakan. Induk nila (*Oreochromis niloticus*) dan rohu (*Labeo rohita*) membutuhkan vitamin E 50-100 mg/kg dan 100-200 mg/kg pakan pada

proses reproduksi (Gomez-Marquez *et al.*, 2003; Wahyudi, *et al.*, 2016). Vitamin E juga berfungsi sebagai pelindung dinding sel dari bahan beracun seperti timah, merkuri, benzen, dan radikal bebas yang dapat mengganggu kerja kelenjar endokrin dan berakibat pada keseimbangan produksi hormon. Vitamin E diangkut dari jaringan perifer ke gonad melalui hati bersama lipoprotein plasma (Lie *et al.*, 1994; Mokoginta *et al.*, 2000). Pada ikan betina, vitamin E dapat meningkatkan kinerja reproduksi seperti jumlah pemijahan (Areechon *et al.*, 2003), tingkat pertumbuhan ovarium (Watanabe & Takashima, 1977; Gupta *et al.*, 1987; Roy & Mollah, 2009), vitellogenesis (Kanazawa, 1985; Santiago & Gonzal, 2000), dan kualitas telur (Izquierdo *et al.*, 2001; Kashani *et al.*, 2012).

Penambahan vitamin A yang berperan sebagai antioksidan juga akan meningkatkan fungsi PUFA (*polyunsaturated fatty acid*) yang diperlukan dalam pembentukan hormon. Vitamin A berfungsi untuk mendukung peran enzim sitokrom P450 sebagai katalis pada sintesis steroid hormon seperti estradiol-17 β , dimana sintesis steroid hormon juga dipengaruhi oleh keberadaan kolesterol (Hanukoglu, 2016). Hormon estradiol-17 β akan menstimulasi proses sintesis vitelogenin di hati (Afrianto *et al.*, 2005). Untuk vitamin A dalam bentuk retinoid sangat penting untuk ikan karena apabila kekurangan vitamin A dapat mengurangi pertumbuhan (Hernandez *et al.*, 2005) dengan pendarahan di mata, sirip dan kulit (Moren *et al.*, 2004) serta peningkatan mortalitas (Shaik *et al.*, 2003; Hemre *et al.*, 2004). Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pakan induk ikan japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) dengan kandungan vitamin A yang tinggi dapat meningkatkan kadar vitamin A di induk dan telur pada periode pemijahan (Furuita *et al.*, 2001) serta pada ikan *rainbow trout* membutuhkan vitamin A yang tinggi pada pakan (dari 60.000 hingga 200.000 IU kg⁻¹) untuk mempertahankan performa reproduksi (Fontagné-Dicharry *et al.*, 2010). Untuk mengetahui fungsi serta peranan vitamin E dan A pada proses pematangan gonad khususnya induk ikan nila, maka perlu dievaluasi kebutuhan vitamin E dan A dalam pakan untuk dapat meningkatkan perkembangan gonad awal induk nila GIFT betina.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performa reproduksi induk betina nila GIFT yang diberikan kombinasi vitamin E dan A pada pakan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai sumber informasi tentang evaluasi performa reproduksi induk betina nila GIFT yang diberikan kombinasi vitamin E dan A pada pakan untuk masyarakat.

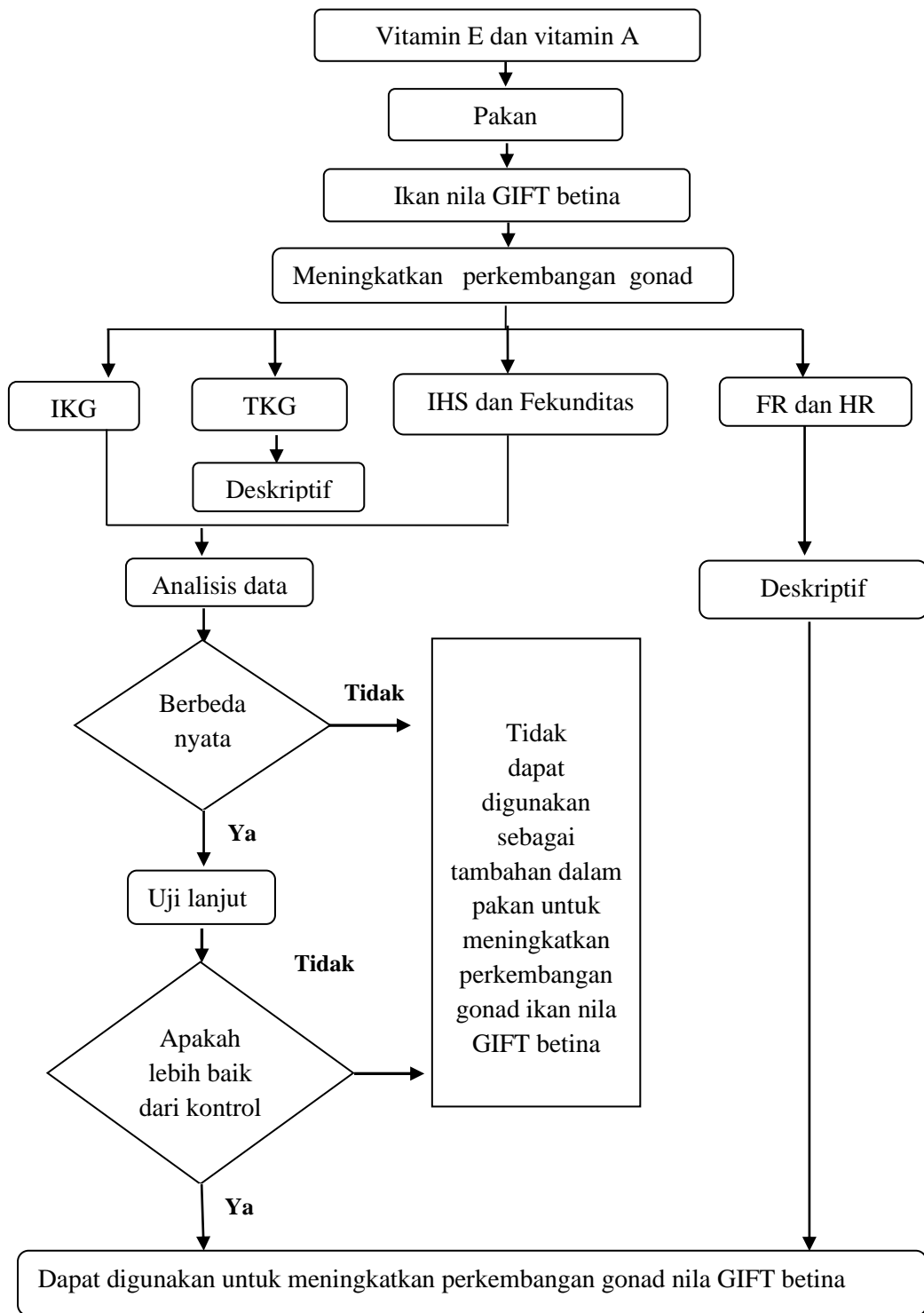
1.4 Kerangka Pikir

Faktor pembatas utama dalam kegiatan budidaya nila GIFT yaitu kontinuitas benih. Untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat, maka perlu dilakukan kontrol reproduksi induk nila GIFT betina. Kontrol reproduksi dapat dilakukan dengan cara memperbaiki kinerja reproduksi, dengan melakukan perbaikan nutrisi pada pakan induk. Perbaikan pakan induk tidak hanya berpengaruh pada kualitas telur dan sperma, tetapi juga terhadap mutu dan jumlah benih yang dihasilkan. Kurangnya nutrisi yang dibutuhkan dalam pakan dapat menjadi faktor utama penyebab gagalnya ikan matang gonad terutama karena defisiensi vitamin.

Unsur nutrisi yang harus ada dalam pakan induk antara lain protein, lemak, karbohidrat, dan vitamin. Vitamin E berfungsi untuk melindungi asam lemak tidak jenuh pada fosfolipid dalam membran sel (Hamre, 2011). Kadar vitamin E optimal dalam pakan juga sangat dibutuhkan untuk meningkatkan performa reproduksi selama proses pematangan gonad (Nascimento *et al.*, 2014). Beberapa penelitian telah banyak dilakukan bahwa penambahan vitamin E pada ikan mampu meningkatkan performa reproduksi. Vitamin A berperan sebagai antioksidan, penambahan vitamin E juga akan meningkatkan fungsi PUFA (*polyunsaturated fatty acid*) yang diperlukan dalam pembentukan hormon (Afrianto *et al.*, 2005). Vitamin A penting untuk pemeliharaan saluran genital spermatogenesis pada jantan dan berpartisipasi dalam mekanisme pensinyalan untuk memulai meiosis pada gonad betina selama embriogenesis (Clagett Dame & Danielle Knutson, 2011). Penelitian vitamin A telah banyak dilakukan pada ikan betina, salah satunya yaitu

pada ikan *bigheadcarp* dengan suplementasi vitamin A dosis 10.000 IU/kg pada pakan dapat meningkatkan perkembangan gonad dan daya tetas telur 80% dibandingkan dengan kontrol (Santiago & Gonzal, 2000). Hasil penelitian tersebut menggambarkan bahwa pemberian suplementasi vitamin E dan A dapat meningkatkan kinerja reproduksi pada ikan betina.

Pada penelitian ini diujikan penambahan kombinasi vitamin E dan A pada pakan komersil untuk meningkatkan perkembangan gonad awal induk nila GIFT betina. Representasi skematis dari kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Representasi skematis dari kerangka pikir penelitian.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter Indeks Kematangan Gonad (IKG)

H₀ : semua $\tau_i = 0$.

Pengaruh pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan do-sis berbeda tidak berbeda nyata terhadap indeks kematangan gonad (IKG) induk ikan nila GIFT betina.

H₁ : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$.

Minimal ada satu pengaruh perlakuan pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda yang berbeda nyata terhadap indeks kematangan gonad (IKG) induk ikan nila GIFT betina.

2. Parameter Indeks Hepar Somatik (IHS)

H₀ : semua $\tau_i = 0$.

Pengaruh pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda tidak berbeda nyata terhadap indeks hepar somatik (IHS) induk ikan nila GIFT betina.

H₁ : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$.

Minimal ada satu pengaruh perlakuan pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda yang berbeda nyata terhadap indeks hepar somatik (IHS) induk ikan nila GIFT betina.

3. Parameter Fekunditas Relatif

H₀ : semua $\tau_i = 0$.

Pengaruh pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda tidak berbeda nyata terhadap fekunditas relatif induk ikan nila GIFT betina.

H₁ : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$.

Minimal ada satu pengaruh perlakuan pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda yang berbeda nyata terhadap fekunditas relatif induk ikan nila GIFT betina.

4. Parameter Diameter Telur

H₀ : semua $\tau_i = 0$.

Pengaruh pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda tidak berbeda nyata terhadap diameter telur induk ikan nila GIFT betina.

H1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$.

Minimal ada satu pengaruh perlakuan pemberian vitamin E dan A pada pakan dengan dosis berbeda yang berbeda nyata terhadap diameter telur induk ikan nila GIFT betina.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Reproduksi Nila GIFT (*Genetic Improvement of Farmed Tilapias*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan spesies ikan air tawar yang memiliki bentuk tubuh pipih dan memiliki garis vertikal berwarna hijau kebiruan. Pada sirip ekor terdapat garis melintang yang ujungnya berwarna kemerah-merahan (Ghufran, 2009). Strain nila yang memiliki karakter unggul salah satunya adalah *genetic improved farmed tilapias* (GIFT) atau biasa disebut nila GIFT. Ikan ini merupakan hasil persilangan antara ikan mujair dan ikan nila hitam yang dikembangkan melalui *GIFT Project* di Filipina pada tahun 1987. Nila GIFT pertama kali didatangkan dari Filipina tahun 1994 oleh Balitkanwar Sukamandi dan yang sekarang di Indonesia merupakan generasi ke-6 (FAO, 2016).

Reproduksi merupakan suatu proses biologi mulai dari diferensiasi seksual hingga dihasilkannya individu baru (larva) yang melibatkan kinerja dari beberapa jenis hormon (Bernier *et al.*, 2009). Pengembangbiakan ikan merupakan salah satu kegiatan yang harus tumbuh dan berkembangbiak agar kontinuitas produksi budidaya dapat berkelanjutan. Awal matang gonad ikan nila pada ukuran 20-30 cm (150 g) tergantung jenis dan strain (Stickney, 2005). Perkembangan gonad ikan nila dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti hormon, makanan dan faktor lingkungan. Stickney (2005) mengemukakan bahwa ikan nila pada kondisi budidaya (terkontrol) lebih cepat matang gonad dibandingkan dengan ikan nila yang hidup di perairan alami.

Ikan nila dapat memijah secara alami sepanjang tahun di daerah tropis. Pada umumnya pemijahan ikan nila terjadi 6-7 kali/tahun. Rasio betina : jantan untuk pemijahan adalah 2:1. Fekunditas berkisar antara 243-847 butir telur/ekor (Mendoza *et al.*, 2005). Nilai fekunditas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pakan, ukuran ikan, diameter telur, dan lingkungan. Ikan yang telah matang gonad dan siap memijah dapat menghasilkan telur matang dalam waktu singkat apabila kondisi lingkungan baik pada pemijahan alami. Induk betina yang merupakan genus *Oreochromis*, akan mengerami telur dan larva di dalam rongga mulut kemudian akan menetas setelah 4-5 hari. Secara alami ikan nila dapat memijah sepanjang tahun di daerah tropis (Gomez-Marquez *et al.*, 2003). Beberapa kriteria yang terdaftar untuk fase dapat bervariasi tergantung pada spesies, strategi reproduksi dan suhu air. Gambaran umum fase dalam siklus reproduksi menurut (Brown-Petersen *et al.*, 2011) adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Gambaran umum fase siklus reproduksi.

Tahap	Histologi
<i>Immature</i> (Belum Matang Gonad)	Hanya terdapat oogonia dan pertumbuhan oosit primer termasuk nukleolar kromatin dan oosit perinukleolar. Biasanya tidak terdapat atresia.
<i>Developing</i> (Perkembangan)	Oosit dalam tahapan berikut kemungkinan terdapat pertumbuhan oosit primer, alveolar kortikal atau proses awal vitellogenik dan terdapat beberapa atresia. Fekunditas ikan dapat menentukan bagian tengah adanya oosit vitellogenik.
<i>Spawning capable</i> (Kemampuan Memijah)	Terbentuk oosit vitellogenik. Beberapa atresia dan <i>gonad postfollicies ovulasi</i> (POF) lama terbentuk. Fekunditas tentu: proses pembentukan Oosit vitellogenik, penentuan fekunditas dibuat dalam subfase tanpa <i>gonad postfollicies ovulasi</i> (POF). Fekunditas tak tentu: pembentuk Oosit vitellogenik awal dan akhir (dengan atau tanpa bukti pemijahan sebelumnya; atau lebih awal oosit vitellogenik dengan bukti pemijahan sebelumnya). Oosit yang kurang berkembang sering muncul.

Tabel 1. Gambaran umum fase siklus reproduksi (lanjutan).

Tahap	Histologi
<i>Actively Spawning</i> (Pemijahan Aktif)	Ovulasi (pemijahan) terjadi sekitar 12 jam sebelum atau sesudah pemijahan seperti yang ditunjukkan dengan <i>germinal vesicle migration</i> (GVM), <i>germinal vesicle break down</i> (GVBD) /oosit terhidrasi atau <i>gonad postfollicies ovulasi</i> (POF). Atresia akhir vitellogenik atau kemungkinan oosit terhidrasi. Fekunditas tak tentu: biasanya oosit yang kurang berkembang. Perkiraan fekunditas dan frekuensi pemijahan diproses dalam subfase 12 jam sebelum dan sesudah bertelur.
<i>Regressing</i> (Kemunduran)	Terdapat atresia (tahap apa pun), sering muncul oosit yang kurang berkembang serta kemungkinan terdapat <i>gonad postfollicies ovulasi</i> (POF).
<i>Regenerating</i> (Regenerasi)	Hanya terdapat pertumbuhan primer oosit termasuk kromatin nukleolus dan oosit perinukleolar. Kemungkinan terbentuk jaringan otot, pembuluh darah diperbesar, dinding ovarium tebal dan / atau gamma dan delta atresia.

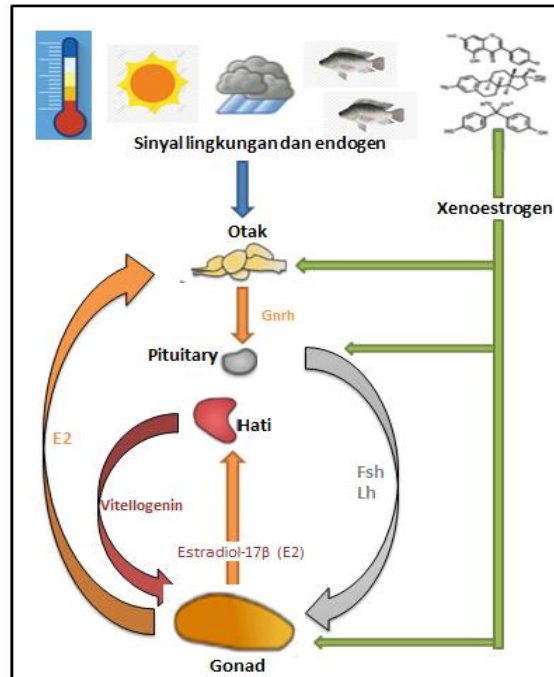
Sumber : Brown-Petersen *et al.* (2011).

2.2 Vitelogenesis pada Ikan

Vitelogenesis merupakan proses induksi dan sintesis vitelogenin di hati oleh hormon estradiol-17 β , serta penyerapan vitelogenin yang terbawa dalam aliran darah ke dalam oosit. Vitelogenin adalah bakal kuning telur dan merupakan komponen utama dari oosit yang sudah tumbuh dan dihasilkan di hati. Vitelogenin ini berupa glikofosfoprotein yang mengandung kira-kira 20% lemak, terutama fosfolipid, trigliserida, lipoprotein, dan kolesterol. Berat molekul untuk beberapa jenis ikan diketahui antara 140- 220 kDa (Tyler, 1991; Komatsu & Hayashi, 1997; Sinjal, 2007). Berdasarkan karakteristik umum vitelogenin pada vertebrata ovipar dapat diketahui bahwa vitelogenin merupakan protein kompleks yang memiliki massa molekul yang tinggi terdiri dari gula, lipid dan fosfor serta dapat mengikat unsur-unsur lain seperti kalsium, besi dan seng. Vitelogenin merupakan protein yang secara spesifik dibentuk di dalam darah induk betina selama proses vitellogenesis (Hara *et al.*, 2016).

Proses vitelogenesis pada ikan diketahui sebagai *follicle-stimulating hormone* (FSH) yang disekresikan ke dalam aliran darah oleh kelenjar pituitari yang bekerja pada sel folikel di sekitar oosit yang sedang berkembang untuk menginduksi sintesis hormon steroid seks, estrogen (estradiol-17 β), untuk proses vitellogenesis. Estrogen terkait dengan globulin pengikat hormon steroid seks dalam darah dan ditransfer ke hepatosit untuk bekerja pada gen vitelogenin dalam nukleus melalui reseptor estrogen. Estrogen dan reseptor estrogen dalam hepatosit berikatan dengan daerah promotor gen vitelogenin, yang mengaktifkan gen tersebut untuk memulai dan mempercepat transkripsi. Kemudian, penerjemahan produk transkrip vitelogenin dimulai, setelah itu protein vitelogenin menjalani proses modifikasi seperti lipidasi, fosforilasi dan glikosilasi sebelum disekresikan ke dalam darah. Vitelogenin dalam darah mengikat reseptor vitelogenin pada membran plasma oosit dan dibawa ke dalam sel. Vitelogenin yang memasuki oosit terdegradasi secara spesifik oleh enzim mirip *D-cathepsin* dan mengalami pembelahan molekuler untuk menghasilkan Lv, Pv, dan β '-c, yang disimpan di dalam sel (Hiramatsu *et al.*, 2005; Hara *et al.*, 2016).

Ikan memiliki dua gonadotropin yang mirip dengan vertebrata yang lebih tinggi, *follicle-stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH) bergantung pada spesies dan status reproduksi. Gonadotropin ini bekerja pada sel folikel ovarium yang responsif untuk merangsang sintesis dan sekresi estrogen yaitu estradiol-17 β . Estradiol-17 β yang bersirkulasi kemudian menginduksi hepatosit dalam hati untuk mensintesis dan mengeluarkan vitellogenesis estradiol-17 β juga membutuhkan rangsangan kembali untuk bertindak pada otak dan kelenjar hipofisis, memberikan kontrol homeostatik vitellogenesis dalam proses pematangan gonad. Xenoestrogen yang ada di lingkungan dapat membuat hubungan pendek antara otak-hipofisis-gonad dan bertindak langsung pada hati untuk menginduksi vitellogenesis abnormal pada ikan jantan dan remaja, terkadang akibat dari penampilan 'interseks' jantan yang mengandung oosit prevelogenik pada testisnya, dan pada kegagalan reproduksi (Craig *et al.*, 2018). Model untuk regulasi vitellogenesis di ikan teleotei melalui *brain-pituitary-gonad* (BPG) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Regulasi vitellogenesis ikan teleotei melalui *brain-pituitary-gonad* (BPG).

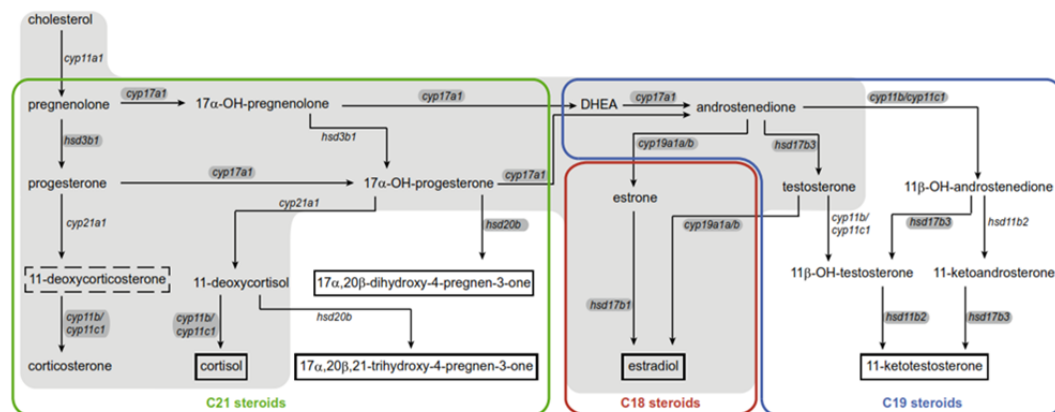
Sumber : Craig *et al.* (2018).

Estradiol-17 β pada beberapa spesies ikan dapat meningkatkan vitelogenin plasma, ditandai dengan di produksi protein kuning telur oleh hati, tapi tidak menggabungkan vitelogenin dengan butir-butir telur. Proses penggabungan tersebut masih bergantung pada faktor hipofisis. Estradiol-17 β dalam darah akan memberikan rangsangan balik terhadap hipotalamus dan memberikan rangsangan terhadap hipotalamus, untuk merangsang proses reproduksi. GnRH yang dihasilkan berfungsi untuk merangsang hipofisa dalam proses biosintesis estradiol-17 β pada lapisan granulosa. Setelah gonadotropin telah cukup untuk melakukan proses pematangan gonad, maka rangsangan yang diberikan estradiol-17 β terhadap hipotalamus adalah rangsangan untuk memacu produksi *gonadotropin releasing inhibitor factor* (GnRIF) yang akan menghambat kinerja hipofisa untuk memproduksi hormon gonadotropin. Siklus ini terus berjalan di dalam tubuh ikan selama terjadi vitelogenesis (Sukendi, 2008). Estradiol adalah steroid yang sangat penting terutama untuk ikan betina yang sedang mengalami proses vitelogenesis. Konsentrasi estradiol merupakan jumlah kandungan hormon estradiol pada ikan betina pada plasma darah untuk merangsang hati mensintesis vitelogenin (Ismail *et al.*, 2018).

Vitellogenesis dapat diatur oleh sinyal lingkungan yaitu suhu air dalam perubahan musim dan panjang hari (lama penyinaran), tapi hampir semua hal yang mempengaruhi reproduksi yang berhasil dapat berfungsi sebagai sinyal. Sinyal internal yang menandakan status gizi yang memadai atau cadangan lemak juga mempengaruhi vitellogenesis dan mungkin sangat penting ketika sinyal musiman kurang. Informasi yang diberikan oleh sinyal yang diterima terintegrasi dalam otak, yang akhirnya memengaruhi aktivitas neuron yang berasal dari daerah preoptik yang mengarah ke lobus anterior kelenjar hipofisis dan berakhir pada sel gonadotropik. Neuron-neuron ini mengeluarkan peptida pendek yang disebut hormon pelepas gonadotropin yang menginduksi gonadotrof untuk mensintesis dan mengeluarkan gonadotropin (Craig *et al.*, 2018).

2.3 Steroidogenesis pada Ikan

Steroidogenesis adalah proses pembentukan hormon steroid di kelenjar adrenal, testes dan ovarium. Kolesterol merupakan komponen utama pembentuk hormon steroid seperti progesterone, testosterone dan estradiol. Pada kelenjar adrenal, kolesterol mengalami esterifikasi dan disimpan dalam butiran lemak di sitoplasma. Rangsangan dari *adenocorticotropin hormone* (ACTH) yang di sekresi oleh hipofisis anterior ke kelenjar adrenal menyebabkan hidrolisis dari kolesterol ester menjadi kolesterol bebas dan perpindahan kolesterol menuju mitokondria. Adanya enzim pemutus rantai samping sitokrom (*Cyp11a1*) menyebabkan perubahan kolesterol menjadi pregnenolon. Enzim *Cyp17* mengubah pregnenolone menjadi *dehidroepiandrosterone* (DHEA), dan oleh enzim *3 β -hidroksisteroid dehidrogenase* berubah menjadi androstenedion. Enzim *17 β -hidroksisteroid dehidrogenase* mengkatalisis perubahan kelompok androgen (androstenedion dan testosterone) dan estrogen (estrone dan estrogen) secara reversibel. Jalur steroidogenesis ikan teleost (Tokarz *et al.*, 2015) dapat dilihat pada Gambar 3.



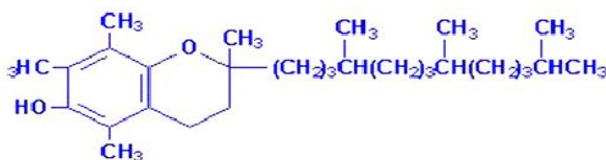
Gambar 3. Jalur steroidogenesis ikan teleost.
Sumber: Tokarz *et al.* (2015).

Produksi steroid di ovarium vertebrata dimulai dengan gonadotropin melepaskan sekresi *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH) dari hipotalamus. GnRH merangsang pelepasan pulsatile *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH) dari hipofisis, diikuti dengan mengikat reseptor membran g protein-coupled spesifik (GPCRs) pada sel-sel folikel ovarium untuk mempromosikan steroidogenesis. GPCRs ini dalam sel folikel terutama terkait dengan sinyal Gas (G protein sub unit αS) yang mengarah ke aktivasi beberapa jalur transduksi sinyal, termasuk adenylate cyclase -/cAMP-dependent protein kinase A (PKA) dan jalur tergantung kalsium/ kalmodulin. Penelitian pada hipofisis dari berbagai ikan telah berhasil diisolasi dua tipe gonadotropin yang kemudian disebut FSH dan LH (Kawauchi *et al.*, 1989; Lin *et al.*, 1992; Van der Kraak *et al.*, 1992; Wijayanti *et al.*, 2009). Peranan FSH dan LH bervariasi pada berbagai spesies ikan. Pada ikan rainbow trout, hanya FSH yang mampu memacu sekresi estradiol dari folikel postvitelogenik (Sumpter *et al.*, 1991; Wijayanti *et al.*, 2009). Pada ikan karper, FSH dan LH memiliki kemampuan yang sama dalam memacu sekresi steroid dari ovarium dan memacu pemasakan oosit pada kondisi *in vitro* (Van der Kraak *et al.*, 1992; Wijayanti *et al.*, 2009). Terlepas dari perbedaan kemampuan dalam memacu steroidogenesis pada gonad berbagai spesies ikan, terdapat kesamaan pada fungsi FSH dan LH dalam gametogenesis. FSH berperan dalam proses awal gametogenesis (oogenesis dan spermatogenesis), sedangkan LH berperan dalam pemasakan gamet tahap akhir dan pemijahan (Kawauchi *et al.*, 1989; Swann, 1991; Wijayanti *et al.*, 2009). Hormon-hormon gonad pada gilirannya akan

memberikan umpan balik untuk mengatur aktivitas hipotalamus ataupun hipofisis sehingga siklus reproduksi dapat berlangsung (Peter & Yu, 1997; Wijayanti *et al.*, 2009).

2.4 Fungsi Vitamin E pada Proses Pematangan Gonad

Vitamin E terdapat dalam empat bentuk, alfa, beta, gamma dan delta tokoferol yang merupakan antioksidan yang paling utama dalam lemak dan minyak yang dapat mencegah terjadinya terurainya sebagian lemak dengan terbentuknya asam lemak bebas (Budiyanto, 2002). Fungsi vitamin E sebagai antioksidan inter dan intraseluler untuk mempertahankan homeostasis dari proses metabolis yang labil dalam sel dan plasma jaringan telah diketahui dengan baik (Izquierdo, 2001). Vitamin E adalah salah satu vitamin yang tidak larut dalam air namun larut dalam lemak, minyak, aseton, alkohol, kloroform, benzene ataupun pelarut lemak lainnya. Tokoferol akan stabil terhadap panas dan asam kuat dalam kondisi tidak ada oksigen (Halver *et al.*, 2002). Struktur kimia *a*-tocopherol dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia *a*-tocopherol.
Sumber: Halver *et al.* (2002).

Salah satu vitamin yang dibutuhkan dalam pakan ikan adalah vitamin E (*α-tocopherol*). Vitamin E merupakan salah satu mikronutrien yang sangat diperlukan dan berperan penting dalam proses pertumbuhan, reproduksi, dan kesehatan ikan (Hunt *et al.*, 2004). Vitamin E adalah vitamin yang berperan penting untuk perkembangan gonad yaitu untuk proses fertilisasi dan mempengaruhi fekunditas ikan. Vitamin E juga mendukung peran enzim sitokrom P450 menyintesis kolesterol untuk pembentukan hormon reproduksi, dalam hal ini estradiol-17 α . Hormon estradiol-17 α menstimulasi sintesis vitelogenin di hati. Vitamin E diangkut dari jaringan perifer selama vitelogenesis berlangsung walaupun kandungan plasma vitelogenin tidak dipengaruhi, diduga bahwa lipoprotein mungkin terlibat dalam

pengangkutan vitamin E selama masa vitelogenesis tersebut (Izquierdo *et al.*, 2001). Hal ini menunjukkan adanya peran nyata vitamin E pada proses reproduksi.

Vitamin E berperan penting dalam proses perkembangan gonad karena vitamin ini mempercepat biosintesis vitelogenin di hati. Vitelogenin yang berupa *glycolphosphoprotein* yang mengandung kira-kira 20 % lemak, terutama *phospholipid*, *triglyserida* dan kolesterol (Tang & Affandi, 2000). Kemudian disebutkan bahwa salah satu fungsi dari vitamin E yaitu berperan penting sebagai antioksidan, untuk melindungi asam lemak tidak jenuh pada fosfolipid dalam membran sel sehingga dapat meningkatkan jumlah vitelogenin (Hamre, 2011). Pertambahan jumlah vitelogenin akan mengakibatkan bertambahnya nilai IKG karena bobot gonad dalam tubuh ikan akan semakin bertambah. Pematangan gonad ikan membutuhkan vitamin E dan asam lemak esensial secara bersamaan, dan dosis vitamin E di dalam pakan akan bergantung kepada kandungan asam lemak esensial yang ada di dalam pakan tersebut. Semakin tinggi kandungan asam lemaknya, maka kebutuhan vitamin E juga semakin tinggi (Watanabe *et al.*, 1988; Sudarmono, 2013).

Penambahan vitamin E sebanyak 200 mg/kg pada pakan induk akan menghasilkan jumlah larva yang tertinggi (Mayes, 2003). Induk nila (*Oreochromis niloticus*) dan rohu (*Labeo rohita*) membutuhkan vitamin E 50-100 mg/kg dan 100-200 mg/kg pakan pada proses reproduksi (Gomez-Marquez *et al.*, 2003). Dilaporkan oleh Arfah *et al.* (2013) bahwa suplementasi vitamin E sebesar 375 mg/kg pakan dapat meningkatkan nilai IKG pada ikan komet. Kemudian penambahan vitamin E sebanyak 375 mg/kg pakan merupakan dosis yang terbaik untuk mempercepat pematangan gonad ikan nilam selama enam minggu pemeliharaan (Tarigan *et al.*, 2017). Penelitian terbaru tentang penambahan vitamin E dalam pakan terhadap kualitas reproduksi induk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan penambahan vitamin E 225 mg/kg pakan meningkatkan produksi larva 78,55% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Vitamin E pada dosis tersebut juga menghasilkan jumlah induk memijah terbanyak (85%) dengan total pemijahan sebanyak 28 kali,

dan fekunditas individu sebesar 1.886 ± 513 butir per ekor induk (Tahapari *et al.*, 2019).

Pentingnya peranan Vitamin E untuk reproduksi juga ditemukan pada beberapa jenis ikan antara lain: seperti pada ikan patin Siam (Yulfiperius *et al.*, 2003); ikan zebra (*Danio rerio*) (Utomo *et al.*, 2005; Mehrad *et al.*, 2011); ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Celik & Altun, 2009; Ispir *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2014); ikan trout (*Salmo labrax*) (Serezli *et al.*, 2010); ikan komet (*Carassius auratus*) (Arfah *et al.*, 2013); ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) Bleeker 1852 (Wahyudi *et al.*, 2016); ikan nilem (*Ostheochilus hasselti*) (Tarigan *et al.*, 2017). Penambahan vitamin E dalam pakan juga dapat menurunkan tingkat stres pada induk ikan beluga (*Huso huso*) yang akan memijah karena perubahan lingkungan (Jalali *et al.*, 2008).

Vitamin E juga berfungsi sebagai pelindung dinding sel dari bahan beracun seperti timah, merkuri, benzen, dan radikal bebas yang dapat mengganggu kerja kelenjar endokrin dan berakibat pada keseimbangan produksi hormon. Vitamin E diangkut dari jaringan perifer ke gonad melalui hati bersama lipoprotein plasma (Lieet *et al.*, 1994; Mokoginta *et al.*, 2000). Vitamin E yang diberikan pada induk ikan akan dicerna pada usus halus dan disimpan pada beberapa jaringan tubuh seperti jaringan adiposa, hati, dan jaringan tubuh lainnya (Pour *et al.*, 2011). Hal ini menunjukkan adanya peran nyata vitamin E pada proses reproduksi.

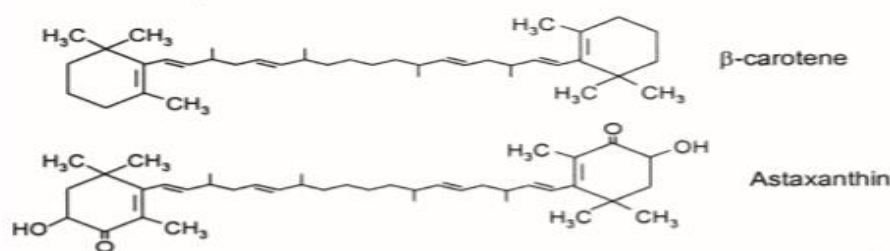
2.5 Fungsi Vitamin A pada Proses Pematangan Gonad

Vitamin A merupakan salah satu zat gizi mikro mempunyai manfaat yang sangat penting bagi tubuh manusia, terutama dalam penglihatan manusia. Seperti diketahui bahwa vitamin A merupakan vitamin larut lemak yang pertama ditemukan. Secara umum, vitamin A merupakan nama generik yang menyatakan semua retinoid dan prekursor/ provitamin A/ karotenoid yang mempunyai aktivitas biologis sebagai retinol (Azrimaidaliza, 2007). Fungsi Vitamin A secara umum di mana dapat membantu pembentukan jaringan tubuh dan tulang, meningkatkan penglihatan dan ketajaman mata, memelihara kesehatan kulit dan rambut, meningkatkan

kekebalan tubuh, memproteksi jantung, anti kanker dan katarak, pertumbuhan dan reproduksi (Purwitasari, 2009).

Pada ikan, vitamin A diperlukan untuk pertumbuhan, reproduksi dan pengembangan embrio dan harus diperoleh dari pakan, karena ikan tidak mampu mensintesis vitamin A di dalam tubuhnya (Craik, 1985; Madden, 2001 ; Palace & Werner, 2006). Alsop *et al.*, (2008) menyatakan bahwa ikan zebra memiliki enzim dan reseptor yang terlibat dalam pensinyalan RA di sel gonad, yang terkait dengan proliferasi sel. Kemudian pada induk ikan flounder Jepang (*Paralichthys olivaceus*) diberi pakan vitamin A kurang dari 2.000 Unit Internasional vitamin A (IU/kg) menunjukkan periode pemijahan yang pendek dibandingkan dengan pakan yang diberi vitamin A lebih dari 50.000 IU/kg (Furuuta *et al.*, 2003). Hasil serupa dilaporkan pada ikan mas (*Bighead Aristichthys nobiles*) (Santiago & Gonzal, 2000). Fontagné-Dicharry *et al.*, (2010), melaporkan bahwa ikan rainbow trout membutuhkan vitamin A yang tinggi pada pakan (mulai dari 60.000 hingga 200.000 IU/kg) untuk mempertahankan performa reproduksi.

Vitamin A pada ikan terdapat berbagai bentuk, salah satunya dalam bentuk retinol bebas alkohol (vitamin A) dan terikat erat *dehydroretinol* (vitamin A2), yang berbeda dari vitamin A1 adalah hanya memiliki satu ikatan rangkap (Palace & Werner, 2006). Struktur kimia dari vitamin A dan karotenoid dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kimia dari vitamin A dan karotenoid.
Sumber : Palace & Werner (2006).

Telah direkomendasikan bahwa karotenoid, terutama *Astaxanthin* dan *canthaxanthin*, dimasukkan dalam pakan induk 10 mg/kg (Torrissen & Christiansen, 1995; Palace & Werner, 2006). Konsentrasi tinggi karotenoid biasanya tidak beracun, efek samping hanya menjadi pewarnaan yang lebih gelap dari jaringan otot. Karotenoid diangkut dengan cara analog seperti yang telah dijelaskan untuk tokoferol. Artinya, mereka dikirim ke hati dari usus dikemas dalam chylomicrons dan kemudian didistribusikan kembali dalam partikel lipoprotein (Ando *et al.*, 1985 ; Palace & Werner, 2006). Sebagian besar dari total karotenoid dikaitkan dengan albumin di salmon atlantik (*Salmo salar*). Fraksi *high density lipoprotein* (HDL) tampaknya penting untuk mengangkut karotenoid dari otot ke kulit selama kali pemijahan di salmonids. Demikian pula, transportasi vitellogenin di *very high density lipoprotein* (VHDL) sesuai dengan transportasi kolam besar karotenoid ke telur (Lubzens *et al.*, 2003; Palace & Werner, 2006).

Serupa dengan situasi karotenoid, pengangkutan vitellogenin telah terbukti sesuai dengan deposisi retinoid pada telur (Irie & Seki, 2002). Namun, perlu dicatat bahwa karena sifat berpotensi beracun mereka, penanganan retinoid harus digerakkan secara berbeda dari yang lebih pasif masuknya karotenoid dalam lipoprotein partikel. Retinoid diangkut dalam plasma terikat retinol mengikat protein, dan sampai batas tertentu untuk albumin (Lubzens *et al.*, 2003). Serupa dengan situasi karotenoid, pengangkutan vitellogenin telah terbukti sesuai dengan deposisi retinoid pada telur (Irie & Seki, 2002).

Selain itu, vitamin A tidak hanya diperlukan untuk mempertahankan reproduksi normal, karena beberapa laporan menunjukkan bahwa retinoid harus ditambahkan ke telur dari induk betina: Samar *et al.* (2005) mengemukakan bahwa selain *retinol binding protein* (RBP), vitellogenin melibatkan pengangkutan retinoid ke telur pada ikan rainbow trout, selama vitellogenesis. Santiago & Gonzal (2000) melaporkan bahwa penambahan vitamin A pada pakan induk meningkatkan daya tetas telur dan kelangsungan hidup benih. Furuita *et al.*, (2003) melaporkan bahwa *flounder* jepang menunjukkan persentase larva normal yang lebih tinggi ketika induk diberi pakan 50.000 IU/kg. Spesies ikan air tawar membutuhkan vitamin A pada

pakan antara 5.000 sampai 10.000 IU/kg. Kebutuhan vitamin A pada ikan terendah yaitu 1.000 IU/kg dan tertinggi 20.000 IU/kg. Adapun pada spesies ikan laut kebutuhan vitamin E lebih tinggi. Kebutuhan vitamin A pada berbagai spesies ikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan vitamin A pada berbagai spesies ikan.

Spesies	IU/kg	Referensi
Rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.500-3.500	Kitamura <i>et al.</i> (1967)
Common carp <i>Cyprinus carpio</i>	4.000-20.000	Aoe <i>et al.</i> (1968)
Guppy <i>Poecilia reticulata</i>	2.000-4.000	Shim & Tan (1990)
Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	5.000-10.000	Saleh <i>et al.</i> (1995)
Hybrid tilapia <i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	5.870-6.970	Hu <i>et al.</i> (2006)
Channel catfish <i>Ictalurus punctatus</i>	1.000-2.000	NRC (1993)
Yellowtail <i>Seriola quinqueradiata</i>	10.500-12.500	Shimeno (1991)
Greasy grouper <i>Ephinephelus tauvina</i>	3.101	Mohamed <i>et al.</i> (2003)
Atlantic halibut <i>Hippoglossus hippoglossus</i>	8.333	Moren <i>et al.</i> (2004)
Red sea bream <i>Chrysophrys major</i>	5.000-20.000	Hernandez <i>et al.</i> (2004)
Japanese flounder <i>Paralichthys olivaceus</i>	9.000	Hernandez <i>et al.</i> (2005)
Amur sturgeon <i>Acipenser schrenckii</i>	923	Wen <i>et al.</i> (2008)

Sumber : Hernandez- Hernandez *et al.* (2010).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2020 selama 45 hari, bertempat di UPTD Balai Benih Ikan (BBI) Trimurjo, Lampung Tengah dan Laboratorium Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spuit 1 ml, mortar, baskom, sarung tangan, pipet tetes, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, spatula, gelas ukur, mikroskop, gelas objek, *cover glass*, cawan petri, pipet tetes, kamera, *hand counter*, alat bedah, akuarium, selang aerasi, batu aerasi, baskom, *hand counter*, dan sendok. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu suplemen vitamin E soft kapsul (Nature-E d-a tokoferol 100 IU), suplemen vitamin A IPI tiap tablet mengandung 2.000 IU, minyak jagung (CCO Corn Oil), dan pakan komersil Hi-Pro-Vite 789 kadar protein 26-28%, gonad ikan, akuades dan ikan nila GIFT.

Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah calon induk nila GIFT betina yang dibudidayakan di UPTD Balai Benih Ikan (BBI) Trimurjo Lampung Tengah. Ukuran nila betina yang digunakan memiliki bobot rata-rata 80-100 g/ekor dan ukuran nila jantan memiliki bobot rata-rata 90-100g/ekor dengan umur 3 bulan. Calon induk nila yang digunakan adalah 80 ekor, terdiri atas 75 ekor calon induk betina dan 5 ekor calon induk jantan. Untuk mendapatkan tingkat keragaman induk ikan nila yang seragam sebagai hewan percobaan, dilakukan pemilihan secara selektif dengan mengetahui bobot dan tingkat kematangan gonad yang seragam, yaitu TKG I pada stok calon induk yang sama. Kemudian dilakukan

pemeliharaan terpisah antara induk jantan dan induk betina agar tidak terjadi pemijahan liar. Setelah kematangan gonad TKG IV tercapai, dilakukan pemeliharaan bersama untuk dipijahkan. Contoh induk nila GIFT yang digunakan untuk pemijahan dapat dilihat pada Gambar 6.



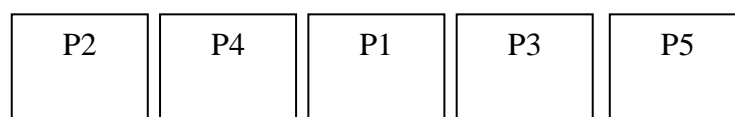
Gambar 6. Induk jantan dan betina nila GIFT.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan berupa penambahan vitamin E dan vitamin A pada pakan. Percobaan terdiri dari 5 perlakuan dengan ulangan individu. Perlakuan penelitian yang diberikan adalah sebagai berikut :

- P1: vitamin E 0 mg/kg+vitamin A 0 mg/kg pakan
- P2: vitamin E 0 mg/kg + vitamin A 10.000 mg/kg pakan
- P3: vitamin E 100 mg/kg+ vitamin A 0 mg/kg pakan
- P4: vitamin E 100 mg/kg+ vitamin A 10.000 mg/kg pakan
- P5: vitamin E 300 mg/kg+ vitamin A 30.000 mg/kg pakan

Susunan rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut :



Gambar 7. Tata letak kolam yang digunakan dalam penelitian.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Pakan Perlakuan

Suplemen vitamin E yang digunakan dalam bentuk soft kapsul mengandung d- α tokoferol 100 IU vitamin E per kapsul, yang terlebih dahulu dikonversikan ke satuan mg, dengan persamaan 1 IU vitamin E sama dengan 0,667 mg. Untuk vitamin A digunakan dalam bentuk tablet mengandung 2.000 IU vitamin A per tablet. Vitamin E dan vitamin A sintetis yang digunakan adalah produk komersil. Vitamin E dan A sesuai dosis perlakuan dilarutkan dalam minyak jagung dengan dosis 30 ml/kg, kemudian dicampurkan ke dalam pakan secara merata dengan cara disemprotkan. Untuk pembuatan pakan dengan penambahan oodev, terlebih dahulu oodev dilarutkan menggunakan NaCl dan putih telur dengan dosis 5% dari pakan yang akan dibuat, kemudian disemprotkan pada pakan. Selanjutnya pakan tersebut dikeringkan selama 30 menit di ruangan terbuka tanpa cahaya matahari, kemudian pakan uji dapat diaplikasikan langsung ke ikan uji.

3.4.2 Persiapan Ikan Uji

Ikan uji yang digunakan dipelihara pada 5 kolam beton berukuran 2,5 x 2 x 1 m³ dengan volume air 2,5m³. Pada masing-masing kolam diisi ikan sebanyak 15 ekor. Sebelum penebaran induk-induk dipuasakan dan dilakukan sampling awal berupa penimbangan bobot dan status tingkat kematangan gonad. Pada awal penelitian status tingkat kematangan gonad berada pada fase TKG IV. Pemberian pakan perlakuan pada calon induk nila GIFT dilakukan secara *restricted* dengan *feeding rate* (FR) 2% selama 45 hari. Jumlah pakan disesuaikan dengan biomassa ikan uji setiap dua minggu sekali selama pemeliharaan. Pemberian pakan perlakuan dilakukan sebanyak dua kali sehari pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB, dan pemberian pakan dengan penambahan oodev pada pukul 12.00 WIB.

3.4.3 Sampling Ikan Uji

Sampling ikan dilakukan setiap dua minggu sekali yaitu pada minggu ke-0, 2, 4 dan 8 dengan mengambil sampel dari tiga ekor ikan dari setiap perlakuan. Sebelum dilakukan proses pembedahan ikan terlebih dahulu dipingsankan dengan minyak cengkeh kemudian bobot tubuh ikan ditimbang, setelah itu gonad dan hati

diambil melalui pembedahan mulai dari lubang anus menuju operkulum secara horizontal. Pengambilan sampel gonad dan hati dilakukan pada 3 ekor ikan di setiap perlakuan. Gonad dan hati yang diambil kemudian ditimbang. Selanjutnya gonad dan hati diamati secara morfologi kemudian dilakukan pengawetan menggunakan larutan *buffer neutralformalin* (BNF) 10% dan disimpan pada botol film dengan suhu ruang untuk uji histologi.

3.4.4 Pemijahan Ikan

Proses pemijahan pada penelitian ini dilakukan secara alamiah dengan menggunakan satu pasang induk dengan pada setiap perlakuan dengan perbandingan jantan dan betina 1:1. Sebelum pemijahan dilakukan seleksi induk jantan dan betina dengan kriteria induk TKG IV, sehat, tidak cacat tubuh serta bebas penyakit dengan umur ikan 3 bulan. Untuk ikan nila GIFT jantan merupakan ikan tanpa perlakuan. Selanjutnya, jumlah telur hasil pemijahan dihitung satu per satu menggunakan *hand counter*. Telur hasil pemijahan dari tiap induk dikumpulkan kemudian dipindahkan ke akuarium untuk diinkubasi sampai menetas. Data fekunditas diperoleh dengan menghitung jumlah total telur yang dipijahkan untuk setiap individu, sedangkan untuk menghitung derajat tetas telur, yaitu total telur yang dipijahkan dalam akuarium inkubasi sampai telur menetas, dihitung dari jumlah total telur yang menetas.

3.4.5 Uji Histologi

Pembuatan preparat untuk uji histologi dimulai dengan pemotongan (*trimming*) gonad dan hati, fiksasi, dehidrasi, *clearing* dan impregnasi. Kemudian dilakukan proses *blocking* dengan parafin dan dilakukan pemotongan menggunakan mikrotom dengan ketebalan 5 μ m. Setelah itu proses pewarnaan menggunakan haematoxilin dan eosin, lalu dilakukan pembuatan preparat gonad. Pembuatan preparat pada penelitian ini dilakukan di Balai Veteriner Lampung, Kota Bandar Lampung. Kemudian dilakukan pembacaan hasil histologi pada gonad di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.5 Variabel Uji

3.5.1 Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Tingkat kematangan gonad diamati secara histologi. Ciri histologi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan nila GIFT (*genetic improvement of farmed tilapias*) menurut Brown-Petersen *et al.*, (2011) (Tabel 1).

3.5.2 Indeks Kematangan Gonad (IKG)

Pengamatan indeks kematangan gonad atau dikenal dengan istilah GSI (*gonadosomatic index*). Pengambilan sampel dilakukan pada minggu ke-2, ke-4 dan ke-8, dengan mengambil sampel gonad ikan uji lalu menimbang bobot gonad dan bobot tubuh ikan. Pengambilan sampel dilakukan 3 kali pengulangan individu. Nilai IKG dapat dihitung dengan persamaan sebagai:

$$\text{IKG (\%)} = \frac{\text{Bg}}{\text{Bt}} \times 100$$

Keterangan :

IKG : Indeks kematangan gonad

Bg : Bobot gonad (g)

Bt : Bobot tubuh (g)

3.5.3 Indeks Hepar Somatik (IHS)

Indeks hepar somatik (IHS) adalah rasio bobot hati terhadap bobot tubuh ikan. Pengambilan sampel dilakukan pada minggu ke-2, ke-4 dan ke-8, dengan mengambil sampel gonad ikan uji lalu menimbang bobot hati dan bobot tubuh ikan. Pengambilan sampel dilakukan 3 kali pengulangan individu. IHS dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\text{IHS} = \frac{\text{Ht}}{\text{Bt}} \times 100$$

Keterangan :

IKG : Indeks hepar somatik (IHS)

Ht : Bobot hati (g)

Bt : Bobot tubuh (g)

3.5.4 Fekunditas Relatif

Fekunditas Relatif adalah jumlah telur matang yang ada dalam ovarium sebelum dikeluarkan pada saat pemijahan per satuan berat atau panjang ikan. Pengambilan sampel dilakukan pada minggu ke-2, ke-4 dan ke-8, dengan menghitung jumlah total telur pada sampel gonad nilai GIFT. Perhitungan pendugaan jumlah telur dilakukan berdasarkan persamaan:

$$FR = \frac{\left(\frac{W_t}{W_s} \times N\right)}{BW}$$

Keterangan:

- FR = Fekunditas relatif
- Wt = Bobot gonad total yang ditimbang (g)
- Ws = Bobot telur yang ditimbang (g)
- N = Jumlah telur yang diambil (butir)
- BW = Bobot tubuh ikan tanpa gonad (g)

3.5.5 Diameter Telur

Pengambilan sampel diameter telur dilakukan pada minggu ke-2, ke-4 dan ke-8. Diameter telur diukur dengan menggunakan mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan mikrometer dalam lensa okuler. Diameter telur diamati dan diukur sebanyak 100 butir telur dengan 3 kali pengulangan dari setiap induk betina pada perbesaran 4x10 dan 10x10.

3.5.6 Derajat Pembuahan Telur

Pengamatan derajat pembuahan atau FR (*fertilitation rate*) dilakukan dengan menghitung jumlah telur yang dihasilkan serta jumlah telur yang terbuahi. Derajat pembuahan merupakan persentase jumlah telur yang berhasil dibuahi terhadap jumlah telur yang dihasilkan. Nilai FR dapat diketahui menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Effendi (1979) :

$$FR \% = \frac{\sum \text{Telur yang dibuahi}}{\sum \text{Telur yang dihasilkan}} \times 100\%$$

3.5.7 Derajat Penetasan Telur

Derajat penetasan atau HR (*hatching rate*) dilakukan dengan menghitung jumlah telur yang terbuahi serta jumlah telur yang menetas. Untuk mendapatkan nilai HR dihitung dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\text{HR \%} = \frac{\sum \text{Telur yang menetas}}{\sum \text{Telur yang dibuahi}} \times 100\%$$

3.6 Analisis Data

Data indeks kematangan gonad (IKG), indeks hepar somatik (IHS), fekunditas dan diameter telur dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan beda nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Adapun data tingkat kematangan gonad (TKG), FR dan HR dianalisis secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penambahan kombinasi vitamin E dan vitamin A pada penelitian ini dapat meningkatkan hasil nilai indeks hepar somatik (IHS), fekunditas, derajat pembuahan telur (FR) dan derajat penetasan telur (HR). Dosis optimum untuk meningkatkan performa reproduksi awal induk nila GIFT yaitu pada perlakuan P3 (VE 100 mg/kg) dapat meningkatkan nilai indeks hepar somatik (IHS), fekunditas, dan derajat penetasan telur (HR). Pada parameter pembuahan telur (FR) dosis optimum yang memberikan nilai terbaik yaitu pada perlakuan P4 (VE 100 mg/kg + VA 10.000 mg/kg).

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan agar aplikasi pemberian vitamin E dengan dosis 100 mg/kg pakan serta pemberian kombinasi vitamin E 100 mg/kg pakan dan vitamin A 10.000 mg/kg pakan dapat diterapkan pada pembenihan ikan nila GIFT untuk meningkatkan performa reproduksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aas, G.H., Bjerkeng, B., Storebakken, T., & Ruyter, B. 1999. Blood appearance, metabolic transformation and plasma transport proteins of 14 C astaxanthins in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 21 (4) : 325-334.
- Ando, S., Takeyama, T., Hatano, M., & Zama, K. 1985. Carotenoid-carrying lipoproteins in the serum of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) associated with migration. *Agricultural and Biological Chemistry*. 49 (7) : 2185-2187.
- Arfah, H., Melati, D. & Setiawati, M. 2013. Suplementasi vitamin E dengan dosis berbeda pada pakan terhadap kinerja reproduksi induk betina ikan komet (*Carassius auratus auratus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 12 (1) : 14-18.
- Bernier, J.N., Kraak, G.V.D., Farrell, A.P., & Brauner, C.J. 2009. *Fish Endocrinology*. Elsevier Academic Press. Amsterdam, Netherlands. 560 hlm.
- Cholik, F. 2005. *Akuakultur*. Masyarakat Perikanan Nusantara. Jakarta. 415 hlm.
- Craik, J.C.A. 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*. 47 (1) : 61-68.
- Craig, V., Sullivan & Ozlem, Y. 2018. *Vitellogenesis and Yolk Proteins, Fish. Encyclopedia of Reproduction, Second Edition*. Carolina Aqua Gyn, Raleigh, NC, United States. 266 hlm.
- Darwisito, S. 2006. *Kinerja Reproduksi Ikan Nila (Oreochromis niloticus) yang Mendapat Tambahan Minyak Ikan dan Vitamin E alam Pakan yang Dipelihara pada Salinitas Media Berbeda*. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 147 hlm.
- Darwisito, S., Zairin, M., Sjafei, D. S., Manalu, W., & Sudrajat, A., O. 2008. Pemberian pakan mengandung vitamin E dan minyak ikan pada induk memperbaiki kualitas telur dan larva nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 7 (1) :1-10.

- Darwisito, S., Sinjal, H.J., & Wahyuni, I. 2015. Tingkat perkembangan gonad, kualitas telur dan ketahanan hidup larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berdasarkan perbedaan salinitas. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*. 2 (2) : 86-94.
- De Silva, S.S., & Anderson, T. A. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture* 1st Edition. Chapman and Hall. London. 340 hlm.
- Elango, G., D. D. Venkataraman, S. Venkata Rao & V. S. Ravi Kiran. Hypervitaminosis. *International Journal of Biomedical Research*. 6 (03) : 151-154.
- Gupta, S. D., Khan, H. A., & Bhowmick, R. M., 1987. Observations on the effect of vitamin E and growth hormone on the gonadal maturity of carps. *Journal of the Inland Fisheries Society of India*. 19 (2) : 26-31.
- Gomez-Marquez, J.L., Mendoza, B.P., Urgate, I.H.S., & Arroyo, M.G. 2003. Reproductive aspect of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco Lake, Morelos, Mexico. *Revista de Biologia Tropical*. 51 (1) : 221-228.
- Haga, Y., Suzuki, T., Kagechika, H., & Takeuchi, T. 2003. A retinoic acid receptor-selective agonist causes jaw deformity in the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*. 221 (1-4) : 381-392.
- Halver, J.E. 2002 . *The Vitamins*. In Halver, J.E. & Hardy, R.W. (Eds). *Fish Nutrition* 3rd Edition. Academic Press, San Diego CA, USA. pp. 61-141.
- Hamre, K. 2011. Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish. *Aquaculture Nutrition*. 17 (1) : 98-115.
- Hanukoglu I. 2006. Antioxidant protective mechanisms against reactive oxygen species (ROS) generated by mitochondrial P450 systems in steroidogenic cells. *Drug Metabolism Reviews*. 38 (1-2) : 121-127.
- Hara A., Hiramatsu N., & Fujita T., 2016. Vitellogenesis and choriogenesis in fishes. *Fish Science*. 82 (2) : 187-202.
- Harvey, R.A., & Ferrier, D.R. 2011. *Biochemistry*. 5th Edition. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. USA. 520 hlm.
- Hemre, G.I., Mangor-Jensen, A., Rosenlund, G. & Lie, Q. 2004. Organ distribution of vitamins A and E during the broodstock phase of female turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Ernaering*. 6 (1) : 141-149.
- Hernandez, L.H.H., Teshima, S.-I., Ishikawa, M., Alam, S., Koshio, S., & Tanaka, Y., 2005. Dietary vitamin A requirements of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Nutrition*. 11 (1) : 3-9.

- Hernandez- Hernández, L., & Araiza, M. A. F. 2010. *Vitamin A: Requirements and Functions on Aquatic Organisms*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Monterrey. Mexico. pp. 79-97.
- Herman, K., 1995. Teatogenic effects of retinoic acid and related substances on the early development of the zebrafish (*Brachydanio rerio*) as assessed by anovel scoring system. *Toxicology Vitro*. 9 (3) :267-271.
- Hunt, A.O., Ozkan, F., & Altun, T. 2004. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Turk. Journal Aquatic Life*. 2 (3): 487-493.
- Htub-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatix index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal of Fish Biology*. 13 (3) : 367-378.
- Ismail, N. I. N., Tang, U. M. T. U. M., & Syawal, H. S. H. 2018. Profil hormon estradiol 17 β dan induksi hormon ovaprim dalam pemijahan buatan ikan selais (*Ompok hypophthalmus* Blkr). *Berkala Perikanan Terubuk*. 46 (2) : 11-20.
- Irie T., & Seki T., 2002. Retinoid composition and retinal localisation in the eggs of teleost fishes. *Comporative Biochemistry and Physiology*. 131B : 209-219.
- Izquierdo, M., Fernandez, & Tacon, A., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*. 197 (1-4) : 25-42.
- Jalali, M. A., Hosseini, S. A. & Imanpour M. R. 2008. Effect of vitamin E and highly unsaturated fatty acid enriched Artemia urmiana on growth performance, survival and stress resistance of Beluga (*Huso huso*) larvae. *Aquaculture Research*. 39 (12) : 1286-1291.
- Jansen, M.D., & Mohan, C.V. 2017. *Tilapia Lake Virus (TiLV) : Literature review*. Penang, Malaysia : CGIAR Research Program on Fish Agri-Food Systems. Working paper: FISH-2017-04.
- James, R., Vasudhevan, I., & Sampath, K. 2008. Effect of dietary vitamin E on growth, fecundity, and leukocyte count in goldfish (*Carrasius auratus*). *The Israeli Journal of Aquaquulture*. 60 (2) : 121-127.
- Kanazawa, A. 1985. Nutritional factors in fish reproduction. *Dalam Lee, C. S., & Liao, I. C., (Eds). Reproduction and Culture of Milk Fish. Proceedings of a Workshop Held at the Tungkang Marine Laboratory, Taiwan*. pp. 115-125.
- Kashani, Z. H., Imanpoor, M. R., Shabani, A., & Gorgin, S., 2012. Effects of dietary vitamin C and E and highly unsaturated fatty acid on biological characteristic of gonad, hatching rate and fertilization success in goldfish (*Carassius auratus Gibelio*). *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 4 (2) : 131-135.

- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2018. *Data perikanan Indonesia*. <http://satudata.kkp.go.id/dashboardproduksi>. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2019 pukul 10.00.
- Lubzens, E., Lissauer, L., Levavi-Sivan, B., Avarre, J.-C., & Sammar, M., 2003. Carotenoid and retinoid transport to fish oocytes and eggs; what is the role of retinol binding protein. *Molecular Aspects of Medicine*. 24 (6) : 441-457.
- Madden, M. 2001. Vitamin A and the developing embryo. *Postgraduate Medical Journal*. 77 (910) : 489-491.
- Mayes, P. A., & Botham, K. M. 2003. Lipid of physiologic significance. *Dalam Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwel, V. W. (Eds). Happer's Illustrated Biochemistry*. 26th Ed. McGraw Hill. New York. pp. 111-121.
- Moren, M., Opstad, I., Berntssen, M. H. G., Zambonino Infante, J. L., & Hamre, K. 2004. An optimum level of vitamin A supplement for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*) juveniles. *Aquaculture*. 235 (1) : 587-599.
- Mokoginta, I., Syahrizal, M., & Zairin, M.J.R. 2000. Pengaruh kadar vitamin E (α -tokopherol) pakan terhadap kadar lemak, asam lemak essensial telur dan derajat tetas telur ikan lele (*Clarias batrachus* Linn). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 1 : 75-59.
- Nancy, J., Brown-Peterson, Susan, K., Lowerre-Barbieri, Beverly, J., Macewicz., Fran, Saborido-Rey., Jonna, Tomkiewich, & David M. Wyanski. 2010. *Peer-review Journal*. San Fransisco, CA, USA.
- Nascimento, T. S. R., Stéfani, M. V. D., Malheiros, E. B., & Koberstein, T.C.D., 2014. High levels of dietary vitamin E improve the reproductive performance of female *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum, Biological Sciences Maringá*. 36 (1) : 19-26.
- Napitu, R., Santoso, L., & Suparmono, 2013. Pengaruh penambahan vitamin E pada pakan berbasis tepung ikan rucuh terhadap kematangan gonad ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*). *e-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*. 1 (2) : 109-116.
- Olapade, J. & Taawallie, S. 2014. The length-weight relationship, condition factor and reproductive biology of *Pseudotolithus (P) senegalensis* (Valenciennes, 1883) (*croakers*) in Tombo western rural district of Sierra Leone. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 14 (6) : 2176-2189.
- Pamungkas, W., Tahapari, E., & Darmawan, J., 2014. Gonadal development and spawning frequency of tilapia (*Oreochromis niloticus*) that feeded by vitamin E supplementation. *Berita Biologi*. 13 (1) : 239-244.

- Palace, V.P., & Werner, J. 2006. Vitamins A and E in the maternal diet influence egg quality and early life stage development in fish: a review. *Scientia Marina.*, 70 (2) : 41-57.
- Plante, S., Audet, C., Lambert, Y., & de la Noüe, J. 2005 Alternative methods for measuring energy content in winter flounder. *North American Journal of Fisheries Management.* 25 (1) : 1-6.
- Pour, H.A., Sis, N.M., Razlighi, S.N., Azar, M.S., Babazadeh, M.H., Maddah, M.T., Reazei, N., & Namvari, M., 2011. Effect of vitamin E on ruminant animal. *Annals of Biological Research.* 2 (1) : 244-251.
- Roy, A., & Mollah, M. F. A. 2009. Effects of different dietary levels of vitamin E on the ovarian development and breeding performances of *Clarias batrachus* (Linnaeus). *Journal of Bangladesh Agriculture University.* 7 (1) : 183-191.
- Sukendi, 2005. Pengaruh kombinasi penyuntikan hCG dan ekstrak kelenjar hipofisa ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) terhadap daya rangsang ovulasi dan kualitas telur ikan baung (*Mystus nemurus* CV). *Jurnal Perikanan dan Kelautan.* 102 : 75-81.
- Sukendi, 2008. *Peran Biologi Reproduksi Ikan dalam Bioteknologi Pembenihan.* Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap Bidang Biologi Reproduksi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau.
- Sulistyo, I., P. Fontaine., J. Rincarh., J.N. Gardeur., H. Migaud., B. Capdeville & Kestemont, P. 2000. Reproductive cycle and plasma level of steroid in male eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Aquatic Resources.* 13 (2) : 99-106.
- Stickney, R.R. 2005. *Aquaculture: An Introductory Text.* CABI Publishing. Oxford. pp. 265.
- Tang, M.U., & Affandi, R. 2000. *Biologi reproduksi ikan.* Pusat Peneliti dan Pengawasan Perairan. Bogor. 110 hlm.
- Takeuchi, T. 1988. Laboratory work. Chemical evaluation of dietary nutrients. In Fish nutrition and mariculture. *Dalam Watanabe, T. (Ed.). JICA Textbook, the General Aquaculture Course.* Japan International Cooperation Agency. Japan. 179-233 pp.
- Tarigan, N., Supriatna, I., Setiadi, M.A., & Affandi, R. (2017). Pengaruh vitamin E dalam pakan terhadap pematangan gonad ikan nilam (*Osteochilus hasselti*, CV). *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada.* 19 (1) : 1-9.
- Tresnati, J., Umar, M., T., & Sulfirayana. 2018. Perubahan hati terkait pertumbuhan oosit ikan sebalah (*Psettodes erumei*). *Jurnal Pengelolaan Perairan.* 1 (1) : 31-36.

- Tokarz, J., Moller, G., Marin, H. A., & Adamski, J. 2015. Steroids in teleost fishes: A functional point of view. *Steroids*. 103 : 123–144.
- Utomo, N., P. 2009. *Peningkatan Mutu Reproduksi Ikan Hias melalui Pemberian Kombinasi Asam Lemak Esensial dan Vitamin E dalam Pakan pada Ikan Uji Zebra (Daniorerio)*. (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 137 hlm.
- Waagbo, R. 2010. Water-soluble vitamins in fish ontogeny. *Aquaculture Research*. 41 (5) : 733-744.
- Wahyudi, D., Zairin, Jr. M., & Suprayudi, M. A. 2016. Pengaruh pemberian vitamin E (a-tokoferol) terhadap kinerja reproduksi ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*). *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 16 (1) : 103-113.
- Watanabe, T., & Takashima, F., 1977. Effect of a-tocopherol deficiency on carp. IV. Deficiency symptoms and changes in fatty acid and triglyceride distribution in adult carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 43 (7) : 819-830.
- Watanabe, T. 1988. *Fish Nutrition and Mariculture*. Department of Agriculture Bioscience, Tokyo University-JICA. Tokyo. pp. 233.
- Yulfiperius, Mokoginta, & Jusadi Dedi. 2003. Pengaruh kadar vitamin E dalam pakan terhadap kualitas telur ikan patin (*Pangasius hypothalmus*). *Jurnal Ikhtiologi Indonesia*. 3 (1) : 11-18.
- Zulfahmi, I., 2014. *Toksisitas Merkuri dan Pengaruhnya terhadap Histologi Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 50 hlm.