

PENGARUH PEMBERIAN KADAR ASAM LEMAK *n*-3 YANG BERBEDA PADA KADAR ASAM LEMAK *n*-6 TETAP (2%) DALAM PAKAN TERHADAP PENAMPILAN REPRODUKSI IKAN ZEBRA *Danio rerio*

Effect of Enriched Feed by *n*-3 fatty acids and 2% of *n*-6 fatty acid on *Danio rerio* Reproduction

N. B. P. Utomo, L. Nurmalia, dan I. Mokoginta

*Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680*

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine the optimum *n*-3 fatty acid level in the diet containing 2 % of *n*-6 fatty acid on the reproductive performance of zebra fish (*Danio rerio*). There experimental diets containing 0.0; 1.0; 1.5 % *n*-3 fatty acid with 2.0 % *n*-6 fatty acid was fed to the fish, three times daily, at satiation, for two months. In order to evaluate the gonadal development of the broodstock, two gonads of fish was used for histology preparation in every 7 days. At the end of the second month, reproductive performance was evaluated through parameters of gonad somato indeks, fecundity, fertilization rate, hatching rate, yolk egg absorption rate, survival rate of 3 days old larvae. Sample of fish also was taken for proximate composition as the end of this experiment. Results shows that at the fifth weeks of this experiment, gonad of fish fed on 1.0 % of *n*-3 fatty acid and 2.0 % *n*-6 fatty acid already produce eggs with the some size, while others. Still produce small size of eggs. It was found also that the whole body of fish fed an diet with 1.0% *n*-3 fatty acid contain the highest protein level compare to two other diets. Based on the evaluation of reproduction performance parameters, it was concluded that the optimum dietary level of *n*-3 fatty acid with 2.0 % *n*-6 fatty acid for *Danio rerio* was 0.81 – 0.90 %.

Keywords: essential fatty, acids, reproduction, zebra fish, *Danio rerio*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar asam lemak *n*-3 optimum dalam pakan yang mempunyai kadar asam lemak *n*-6 tetap. Tiga macam pakan dengan kadar asam lemak *n*-3 berbeda yaitu 0.0; 1.0; dan 2.0 % diberikan pada ikan dengan bobot rata-rata 0.12 g. Pakan diberikan secara at satiation, 4 kali sehari selama 60 hari. Setiap 7 hari sekali diambil sampel ikan untuk pembentukan preparat histologi gonad dengan tujuan untuk mengevaluasi perkembangan gonad. Pada akhir penelitian, induk dipijahkan dan dievaluasi performan reproduksi berdasarkan parameter. Gonad Somato Indeks, fekunditas, derajat pembuahan, derajat penetasan dan kelangsungan hidup larva berumur 3 hari. Sampel tubuh ikan diakhir penelitian juga dievaluasi komposisi proksimatnya. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pada minggu ke-5 setelah pemberian pakan, gonad dari ikan yang diberi pakan asam lemak *n*-3 1.0 % mengandung telur-telur dengan ukuran yang seragam sedangkan ukuran telur ke dua perlakuan lainnya masih bervariasi. Kadar protein tertinggi juga terdapat pada tubuh ikan yang diberi pakan 1.0 % asam lemak *n*-3. Berdasarkan parameter performan reproduksi secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa kadar asam lemak *n*-3 optimum dalam pakan ikan zebra, *Danio rerio* adalah 0.81 – 0.90 %.

Kata kunci: asam lemak, reproduksi, ikan zebra, *Danio rerio*

PENDAHULUAN

Nutrien pada induk merupakan unsur utama yang mempengaruhi penampilan reproduksinya. Pada fase pematangan gonad, nutrisi akan dimanfaatkan untuk

kepentingan reproduksi, yaitu menentukan kualitas dan kuantitas telur. Kualitas dan kuantitas nutrisi induk juga berhubungan dengan pemijahan dan fekunditas (Watanabe *et al.*, 1988). Lemak dan asam lemak

essensial diketahui dapat mempengaruhi perkembangan gonad.

Kebutuhan asam lemak essensial oleh ikan berbeda berdasarkan spesies dan habitatnya. Ikan air tawar cenderung membutuhkan asam lemak *n*-6 atau asam lemak *n*-6 dan *n*-3 dengan proporsi yang seimbang. Asam lemak yang akan diberikan pada ikan dapat berbeda berdasarkan jenis maupun umur ikan. Dengan demikian, untuk mengetahui peranan asam lemak dalam

mendukung proses reproduksi ikan, diperlukan kajian mengenai pengaruh pemberian asam lemak *n*-3 pada kondisi asam lemak *n*-6 tetap dengan level optimum antara 0,5 – 20% atau 20 – 30% dari total lemak pakan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pemberian asam lemak *n*-3 dengan kadar berbeda dengan tambahan *n*-6 sebanyak 2% terhadap kinerja reproduksi ikan zebra.

Tabel 1. Komposisi pakan penelitian (g/kg pakan)

Bahan Pakan	Pakan/Kadar asam lemak n-3 dan n-6 (%)		
	A (0;2)	B (1;2)	C (1,5;2)
Tepung ikan	31,00	31,00	31,00
Tepung kedele	29,00	29,00	29,00
Tepung pollard	19,50	19,50	19,50
Minyak ikan	0,00	1,00	2,30
Minyak jagung	3,30	3,30	3,20
Minyak kelapa	2,20	1,20	0,00
Vitamin mix	2,00	2,00	2,00
Mineral mix	3,00	3,00	3,00
Sagu	10,00	10,00	10,00
Total	100,00	100,00	100,00

Tabel 2. Komposisi proksimat pakan uji (% bobot kering) dan energi

Bahan Pakan	Pakan/Kadar asam lemak n-3 dan n-6 (%)		
	A (0;2)	B (1;2)	C (1,5;2)
Kadar air	39,69	39,32	39,25
Protein kasar	39,79	39,99	39,90
Lemak kasar	10,30	10,15	10,19
Kadar abu	8,52	8,39	8,51
Karbohidrat	41,39	41,47	41,40
DE (kkal/100g)*	326,17	325,86	325,69
C/P	8,20	8,15	8,16

Keterangan :

* DE : *Digestible Energy*

1 g protein = 3,5 kkal DE, 1 g lemak = 8,1 kkal DE, 1 g karbohidrat = 2,5 kkal DE (NRC, 1997)

Beberapa kelebihan ikan zebra *Danio rerio* adalah fase vitelogenesis yang relatif cepat, serta ukuran telurnya relatif besar, transparan dan tidak menempel di dasar (Sterba, 1983). Selain itu ikan zebra hanya membutuhkan waktu sekitar 3 – 4 bulan untuk berkembang dari fase larva sampai fase siap untuk memijah. Ikan zebra juga dapat dirangsang untuk dapat berkembangbiak sepanjang tahun (Maack dan Segner, 2004).

BAHAN & METODE

Pakan perlakuan

Komposisi kadar asam lemak $n-3$ yang berbeda yaitu 0, 1 dan 1,5 % dengan kadar asam lemak $n-6$ tetap pada masing-masing pakan tersebut merupakan perlakuan dalam penelitian ini. Komposisi pakan penelitian disajikan pada Tabel 1. Pakan yang telah dibuat dianalisa proksimat terlebih dahulu. Komposisi proksimat pakan disajikan pada Tabel 2.

Pemeliharaan induk

Calon induk ikan zebra (*Danio rerio*) yang digunakan telah berumur 25 hari dengan bobot tubuh $\pm 0,12$ g berasal dari Depok, Jawa Barat. Ikan tersebut dipelihara dalam akuarium berukuran $30 \times 30 \times 30$ cm dengan kepadatan 24 ekor/akuarium dan diseleksi setelah 2 minggu sehingga mendapatkan induk yang bagus untuk proses perlakuan.

Pemberian pakan selama proses perlakuan dilakukan 4 kali sehari (pukul 07.00, 11.00, 14.00 dan 17.00) secara *at satiation* menggunakan pakan dengan kadar $n-3$ yang berbeda (Tabel 1). Selama pemeliharaan, dilakukan pengamatan setiap 7 hari terhadap tingkat perkembangan gonad masing-masing perlakuan melalui penimbangan bobot dan histologi gonad dari 2 ekor sampel yang diambil.

Setelah 2 bulan pemberian pakan perlakuan, dilakukan pemijahan terhadap induk-induk tersebut secara berpasangan pada akuarium berukuran $15 \times 15 \times 20$ cm yang telah dipasang tali rafia sebagai substrat telur yang akan dihasilkan. Pemijahan terjadi pada

pagi hari. Sesaat setelah proses pengeluaran telur selesai, induk dipindahkan ke akuarium lain untuk mencegah pemangsa terhadap telur oleh induk tersebut. Telur hasil pemijahan dan telah diovulasikan tersebut dihitung untuk mengetahui fekunditas masing-masing induk. Sebanyak 2 butir telur pada setiap ulangan diambil untuk proses pengamatan embriogenesis dan laju penyerapan kuning telur sampai menetas. Setelah 7-10 jam dari proses pengeluaran telur dihitung telur yang terbuahi untuk mengetahui derajat pembuahan telur tersebut. Untuk menghitung derajat penetasan, dilakukan penghitungan juga pada telur yang telah menetas. Sebanyak 5 ekor larva yang dihasilkan dipelihara sampai 3 hari tanpa pemberian pakan untuk mendapatkan tingkat kelangsungan hidupnya. Induk yang telah memijah dipelihara selama 10 hari dan diambil 2 ekor sampel untuk dibedah sehingga diketahui gonado somatik indeks salin (GSIs) pada ikan tersebut.

Analisa kimia

Analisa proksimat dilakukan untuk bahan pakan dan pakan perlakuan. Analisa protein, lemak dan air dilakukan pada tubuh ikan zebra betina, sedangkan pada telur hanya dilakukan analisa lemak dan air. Prosedur analisa terdapat pada Takeuchi (1988). Selama pemeliharaan juga dianalisa kualitas air pemeliharaan pada setiap perlakuan. Pembuatan preparat histologi dilakukan pada gonad ikan yang masih hidup atau dalam keadaan baru saja mati (moribund).

HASIL & PEMBAHASAN

Pemberian kadar asam lemak $n-3$ yang berbeda dan $n-6$ tetap dalam pakan induk berpengaruh terhadap Gonado Somatik Indeks (GSI), Gonado Somatik Indeks salin (GSIs) dan fekunditas ikan zebra *Danio rerio* (Tabel 3). Gonado somatik indeks semakin tinggi sejalan dengan tingginya kadar asam lemak $n-3$ dalam pakan. Nilai GSI berbeda dengan nilai GSIs, pada induk yang telah mengalami masa salin dan mendapat pakan dengan kadar asam lemak $n-3$ kurang atau lebih dari 1% memiliki nilai GSIs yang

rendah. Perbedaan ini dimungkinkan akibat perbedaan kondisi induk. Untuk pengukuran GSI digunakan induk yang memijah pertama kali, sedangkan nilai GSIs diperoleh dari induk yang sama tetapi telah mengalami masa salin. Hal yang sama juga dikatakan oleh Mokoginta *et al.*, (1983) dalam Mokoginta *et al.*, (2000) bahwa pada umumnya pengaruh asam lemak essensial terhadap GSI tidak nyata pada pemijahan pertama.

Nilai fekunditas tertinggi dihasilkan oleh ikan dengan pakan yang mengandung kadar lemak *n-3* sebesar 1% dan lemak *n-6* 2%. Sedangkan pemberian lemak *n-3* yang kurang atau lebih dari 1% menghasilkan fekunditas yang lebih rendah. Asam lemak *n-3* dan *n-6* diketahui sebagai lemak essensial yang dapat mempengaruhi sifat fluiditas membran sel yang akan mempengaruhi aktifitas enzim pada membran (Bell, 1986). Perubahan aktifitas enzim dapat merubah proses metabolisme sel secara keseluruhan. Rasio asam lemak *n-3* dan asam lemak *n-6* yang mencukupi kebutuhan ikan zebra akan membuat proses metabolisme termasuk dalam hati berlangsung dengan baik. Begitu juga dengan proses vitellogenesis yang terjadi pada hati dan proses pembentukan butir telur akan berlangsung dengan optimal sehingga fekunditas menjadi tinggi. Proses vitellogenesis yang terus berlangsung dapat meningkatkan gonado somatik indeksinya. Tingginya fekunditas juga diduga terkait dengan aktifitas prostaglandin dalam pembentukan butir-butir telur. Menurut Lam (1985) dalam Syahrizal (1998), asam lemak essensial berperan dalam pembentukan prostaglandin yang berperan sebagai hormon yang membantu proses ovulasi saat pecahnya sel folikel.

Nilai fekunditas ikan hasil perlakuan ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan fekunditas ikan tanpa perlakuan. Hal ini dikarenakan induk yang digunakan dalam penelitian merupakan induk yang baru mengalami pemijahan pertama. Menurut Effendie (1979), fekunditas ikan yang baru pertama kali memijah tidak sebesar fekunditas ikan yang telah mengalami beberapa kali pemijahan walaupun dengan berat yang sama. Total telur yang

dikeluarkan ikan zebra umumnya berkisar antara 400-500 butir (Axelrod *et al.*, 1971).

Kadar protein tubuh ikan tertinggi dihasilkan oleh perlakuan penambahan asam lemak *n-3* sebesar 1% dan 2% kadar asam lemak *n-6* (perlakuan B) dengan kadar lemak dan kadar air terendah (Tabel 4). Menurut Takeuchi (1988) dan Furuichi (1988), ikan-ikan yang mengalami kekurangan asam lemak essensial akan memperlihatkan gejala rendahnya kadar protein tubuh, sedangkan kadar lemak dan airnya menjadi tinggi. Tingginya kadar air bebas pada kadar protein tubuh yang rendah dimungkinkan karena sifat molekul air yang dapat diikat oleh molekul polar seperti protein tidak dapat diikat oleh molekul non polar seperti lemak.

Kadar lemak *n-3* dan *n-6* dalam pakan induk juga mempengaruhi besarnya kadar lemak telur sehingga kadar lemak tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan 1% asam lemak *n-3* dan 2% *n-6* sebesar 29,68% (Tabel 5). Kamler (1992) mengatakan bahwa bahan penyusun struktur butiran lemak dan butiran kuning telur adalah lemak. Selain itu lemak juga merupakan bahan penyusun fosfolipid yang ditimbun dalam sitoplasma dan kutub anima telur (Momensen dan Walsh, 1983). Tingginya kadar lipid dapat meningkatkan fosfolipid dalam sitoplasma yang pada akhirnya dapat meningkatkan kandungan energi telur. Menurut Tang dan Affandi (2000) lemak merupakan cadangan makanan dengan konversi energi yang paling tinggi dan juga berfungsi dalam permeabilitas membran telur maupun membran kulit larva. Keberadaan lemak di dalam telur juga penting digunakan untuk proses perkembangan selanjutnya. Demikian pula derajat pemuahan telur dan penetasan telur tertinggi yang masing-masing mencapai 94,59% dan 93,97% ditunjukkan oleh perlakuan kadar asam lemak *n-3* 1% dan *n-6* 2% (Tabel 3). Kadaan ini menunjukkan bahwa tingginya derajat pemuahan diikuti oleh derajat penetasannya.

Asam lemak essensial diketahui sebagai prekursor prostaglandin yang berfungsi dalam mempercepat proses ovulasi dan mengatur sinkronisasi tingkah laku memijah pada ikan (Shilo dan Sarig, 1989). Dengan demikian keberadaan prostaglandin yang

terbentuk dari asam lemak essential menentukan keberhasilan pematangan oosit yang berhubungan dengan derajat pemuahan telur. Rendahnya derajat pemuahan dan penetasan telur disebabkan oleh rendahnya kadar asam lemak *n-3* yang dapat menyebabkan kegagalan dalam pembelahan sel.

Penambahan kadar asam lemak *n-3* dan 2% *n-6* dalam pakan sampai batas tertentu mempengaruhi keberhasilan proses embriogenesis yang diperlihatkan dengan nilai derajat pemuahan dan penetasan telur

yang tinggi (Tabel 3). Pada penelitian ini, kegagalan embriogenesis hanya ditemukan pada telur dari induk yang mendapat pakan dengan kadar asam lemak rendah. Proses pengenalan antar sel dalam telur dipengaruhi oleh keberadaan prostaglandin. Telur yang kekurangan asam lemak essential akan mengalami kegagalan dalam pembelahan yaitu pada pembelahan ke-16, 32 dan oogenesis. Pada akhirnya akan menghasilkan telur dengan derajat penetasan yang rendah (Leray *et al.*, 1985 dala Mokoginta, 2000).

Tabel 3. Rata- rata Gonado Somatik Indeks (GSI), Gonado Somatik Indeks salin (GSI_s), Fekunditas (F), Derajat Pemuahan Telur (DPT), Derajat Tetas Telur (DTT), Laju Penyerapan Kuning Telur (LPKT) dan Tingkat Kelangsungan Hidup Larva (TKH₃)

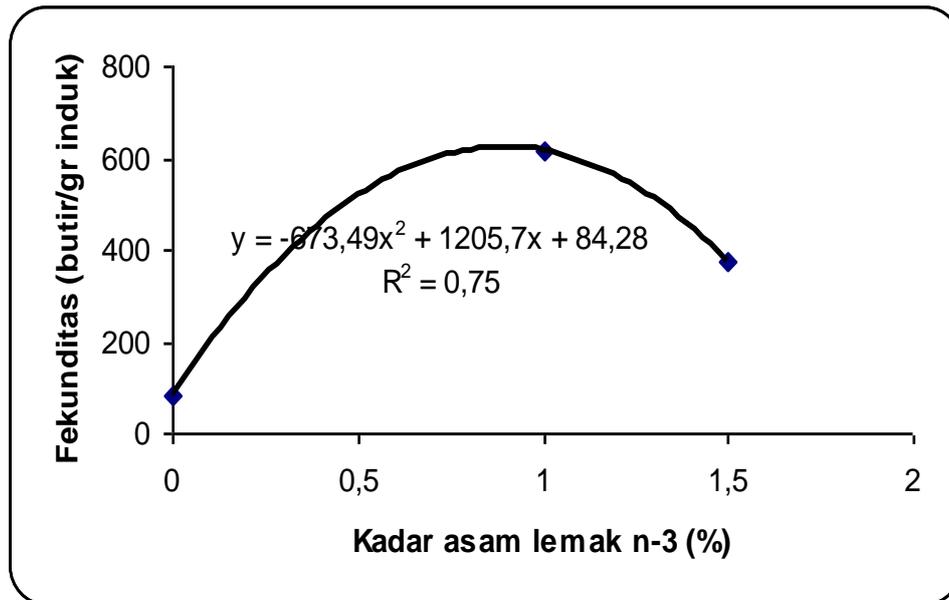
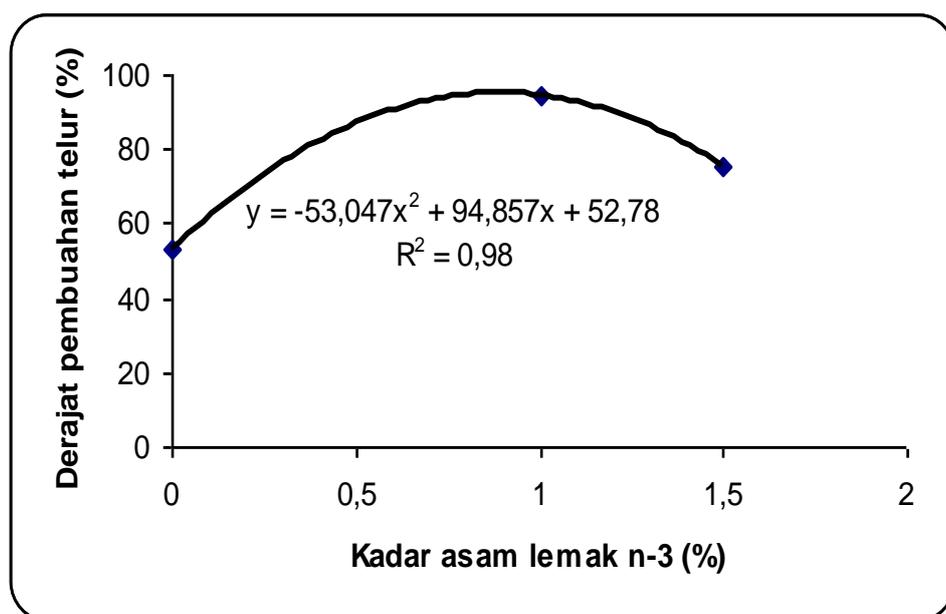
Parameter	Pakan/kadar asam lemak <i>n-3</i> dan <i>n-6</i> (%)		
	A (0;2)	B (1;2)	C (1,5;2)
GSI (%)	23,64 ± 4,54	25,43 ± 1,96	34,79 ± 4,9
GSI _s (%)	10,00 ± 0,86	15,90 ± 0,38	13,95 ± 0,13
F (butir/g induk)	84,28 ± 4,60	616,53 ± 261,14	377,54 ± 57,14
DPT (%)	52,78 ± 3,65	94,59 ± 3,12	75,71 ± 2,75
DTT (%)	49,45 ± 2,31	93,97 ± 2,40	61,89 ± 3,11
LPKT (mm ³ /jam)	0,09 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,11 ± 0,05
TKH ₃ (%)	66,67 ± 11,55	80,00 ± 20,00	73,33 ± 11,50

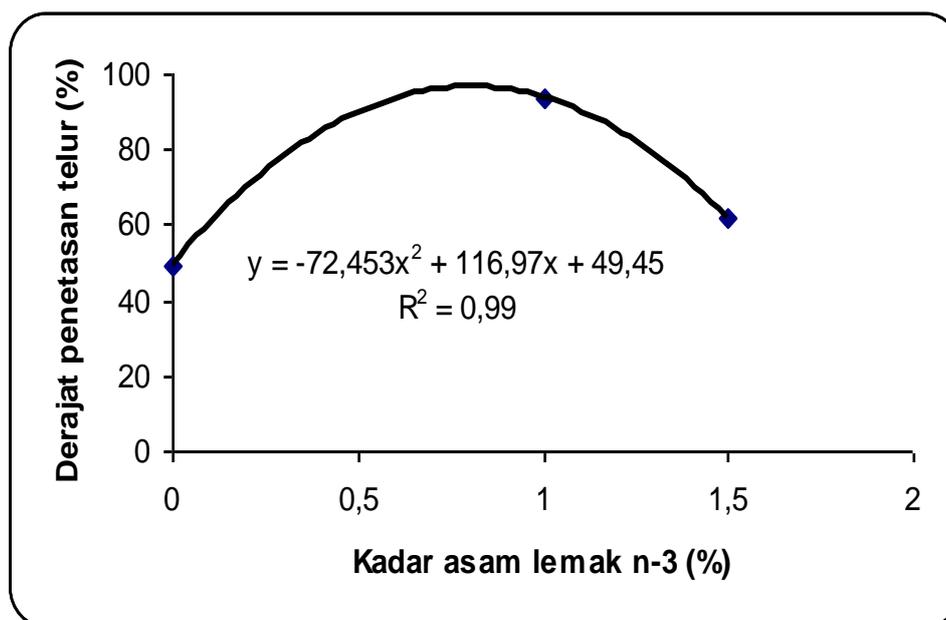
Tabel 4. Kadar protein dan lemak tubuh ikan zebra pada awal dan akhir penelitian (% bobot kering)

Komposisi proksimat (%)	Awal	Akhir		
		Pakan/kadar asam lemak <i>n-3</i> dan <i>n-6</i> (%)		
		A (0;2)	B (1;2)	C (1,5;2)
Kadar air*	77,85	77,31	70,71	77,62
Protein	51,11	56,32	59,13	56,84
Lemak	13,63	16,70	9,76	14,03

Tabel 5. Kadar lemak telur ikan zebra (% bobot kering*)

Komposisi proksimat (%)	Pakan/kadar asam lemak n-3 dan n-6 (%)		
	A (0;2)	B (1;2)	C (1,5;2)
Kadar air*	56,54	66,81	61,21
Lemak	16,08	29,68	23,74

Gambar 1. Hubungan antara kadar asam lemak *n*-3 pada kadar *n*-6 2% dengan fekunditasGambar 2. Hubungan antara kadar asam lemak *n*-3 pada kadar *n*-6 2% dengan derajat pembuahan telur



Gambar 3. Hubungan antara kadar asam lemak $n-3$ pada kadar $n-6$ 2% dengan derajat tetas telur.

Hubungan antara fekunditas, derajat pembuahan telur dan derajat tetas telur dengan kadar asam lemak $n-3$ dalam pakan memperlihatkan pola yang sama yaitu kuadratik (Gambar 1-3). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian asam lemak $n-3$ sampai batas tertentu dapat meningkatkan nilai fekunditas, derajat pembuahan dan derajat penetasan dan akan menurun kembali setelah kadar tersebut melewati batas optimumnya. Berdasarkan uraian tersebut dapat dikatakan bahwa kebutuhan asam lemak $n-3$ dalam pakan induk ikan zebra berkisar antara 0,81-0,90%.

Tidak adanya perbedaan yang nyata dalam laju penyerapan kuning telur dimungkinkan akibat tingkat kebutuhan energi yang sama. Lemak merupakan sumber energi utama selama proses embriogenesis. Waktu perkembangan embrio sama dengan laju penyerapan kuning telur. Dengan kadar lemak yang berbeda diduga sisa lemak telur tertinggi setelah larva menetas adalah tetap pada perlakuan kadar asam lemak $n-3$ 1% dan $n-6$ 2%. Hal sama juga terjadi pada pemberian asam lemak $n-3$ dan $n-6$ pada catfish, bahwa larva dengan kadar lemak tertinggi adalah yang terbaik (Mokoginta *et al.*, 1995).

Kondisi telur setiap perlakuan memiliki tingkat kematangan berbeda. Hal ini

dikarenakan ikan zebra termasuk *parsial spawner*. Menurut Maack dan Segner (2004) pada ovarium ikan zebra yang matang, oosit terdapat dalam semua tahapan tanpa ada yang mendominasi. Effendie (1979) menyatakan bahwa kematangan gonad untuk pertama kalinya mempengaruhi pertumbuhan yaitu kecepatan pertumbuhan menjadi sedikit lambat. Penurunan laju pertumbuhan harian dan gonado somatik indeks masing-masing perlakuan pada awal pemeliharaan diduga akibat proses adaptasi induk terhadap pakan yang diberikan dalam bentuk pasta terjadi dalam waktu yang relatif lebih lama.

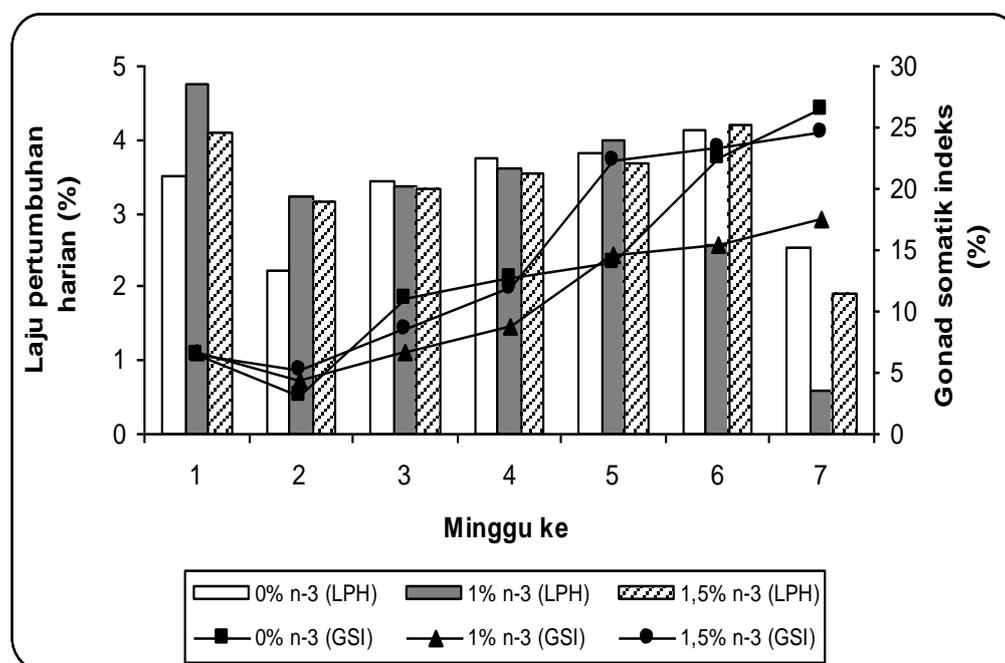
Proses pertumbuhan oosit dicirikan dengan bertambahnya ukuran oosit. Bertambahnya ukuran oosit dapat meningkatkan nilai gonado somatik indeks yang juga berpengaruh terhadap peningkatan laju pertumbuhan harian. Peningkatan gonado somatik indeks pada penelitian ini terjadi seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan harian. Peningkatan gonado somatik indeks terjadi akibat peningkatan volume oosit diduga akibat dari peningkatan granula kuning telur baik jumlah maupun ukuran pada saat sintesa vitellogenin. Peningkatan nilai gonado somatik indeks sampai akhir pemeliharaan menunjukkan bahwa proses perkembangan masih terus terjadi terutama pada perlakuan pemberian

asam lemak $n-3$ 1,5 dan $n-6$ 2%, dengan ketersediaan nutrisi yang lebih banyak.

Pertumbuhan, perkembangan dan pematangan serta pengosongan kembali gonad adalah mekanisme yang terjadi dalam kematangan gonad. Berdasarkan hasil histologi, perkembangan gonad ikan zebra yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan kondisi telur yang belum matang yang ditandai dengan ukuran nukleusnya yang kecil. Oosit telah mulai tumbuh dan berkembang pada masing-masing perlakuan terjadi pada umur 7 hari dari awal pemeliharaan. Masing-masing oosit dikelilingi oleh lapisan sel folikel selama perkembangannya yang akan meningkatkan ukuran dan jumlah serta membentuk bulatan kelenjar berupa granulosa. Menurut Tang dan Affandie (2002), sel granulosa dalam sel telur yang sedang berkembang dapat berperan dalam proses penimbunan kuning telur (vitellogenesis) dan pengaktifan hormon-hormon ovarium. Pada minggu ke-5 terjadi perbedaan tingkat kematangan gonad antar perlakuan. Perlakuan pemberian 1% asam lemak esensial $n-3$ dan 2% $n-6$

menghasilkan telur yang lebih seragam pada fase vitellogenesis dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada akhir penelitian terjadi migrasi inti sel telur ke bagian tepi atau kutub animal, sehingga dinyatakan sudah matang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Woynarovich dan Horvath (1980), telur yang sudah matang ditandai dengan posisi inti sel yang mulanya berada ditengah kemudian menuju ke tepi atau berada di kutub animal.

Pemberian asam lemak $n-3$ yang berbeda dan $n-6$ tetap dalam pakan ternyata tidak mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup larva yang dipelihara selama 3 hari tanpa pemberian pakan (Tabel 3). Proses perkembangan awal larva selama pemeliharaan murni menggunakan kuning telur sebagai sumber energi, karena belum ada tambahan pakan dari luar. Lemak terutama asam lemak $n-3$ dan $n-6$ tidak mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup karena sumber energi dari lemak berasal dari asam lemak jenuh. Sedangkan asam lemak tak jenuh berperan sebagai penyusun membran.



Gambar 4. Hubungan waktu pemeliharaan terhadap Laju Pertumbuhan Harian (LPH) dengan Gonad Somatik Indeks (GSI) antar perlakuan kadar asam lemak $n-3$ pada kadar asam lemak $n-6$ 2%

KESIMPULAN

Pemberian asam lemak *n*-3 antara 0,81%-0,90% dan *n*-6 2% dalam pakan mampu memberikan fekunditas, derajat pembuahan telur dan derajat tetas telur tertinggi pada ikan zebra (*Danio rerio*). Pemberian asam lemak *n*-3 yang kurang dan berlebih dalam pakan dapat mempengaruhi keberhasilan tingkat kematangan gonad dan proses embriyogenesis yang menyebabkan rendahnya fekunditas, derajat pembuahan telur dan derajat penetasan telur.

DAFTAR PUSTAKA

- Axelrod, H. R. , C. W. Emmens, D. Sculthorpe, W. V. Winkler dan N. Pronek. 1971. Exotic tropical fishes. TFH Publications, Inc. Jersey City, NJ.
- Bell, M. V., R. J. Henderson dan J. R. Sargent. 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. Comp. Biochem. Physiology. 83B:711-719.
- Effendie, 1979. Metode biologi perikanan. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 112 hal.
- Furuichi, M. 1998. Dietary Requirements. P. 8-78. in T. Watanabe (ed.). Fish Nutrition and Mariculture. Department of Aquatic Bioscience. Tokyo University Fisheries. JICA.
- Kamler, E. A. 1992. Early life history of fish. An energetics approach. Chapman and Hall. London. 267 pp.
- Maack G. dan H. Segner. 2004. The gonadal development of the zebra fish (*Danio rerio*). <http://www.Fishbase.com>.
- Mokoginta, I., D. S. Moeljohardjo, T. Takeuchi, K. Sumawidjaja dan D. Fardiaz. 1995. Kebutuhan asam lemak essensial untuk perkembangan induk ikan lele, *Clarias batrachus* Linn. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 111 (2): 41-50.
- Mokoginta, I., D. Jusadi, M. Setiawati dan M. A. Suprayudi. 2000. Kebutuhan asam lemak essensial, vitamin dan mineral dalam pakan induk *Pangasius sutchi* untuk reproduksi. Hibah Bersaing VII/1-2 Perguruan Tinggi/Tahun Anggaran 1998/2000. Institut Pertanian Bogor. Laporan Akhir. 54 hal.
- Momensen, T. P., dan P. J. Walsh. 1983. Vitellogenesis and oosit assembly, p. 70-93. In: W. S. Hoar and Randall (Ed.). Fish Physiology. Vol XIA Academic Press Inc. Harcourt Eraco Jovanovich. Publisher San Diego New York, Barkeley Boston.
- National Research Council. 1977. Nutrient requirement of warmwater fishes. National Academy of Sciences Washington D. C. 78 pp.
- Shilo, M. Dan S. Sarig. 1989. Cellular aspect of oocyt growth in Teleost. Zool. Sci., 6: 211-231.
- Sterba, G. 1983. The aquarium encyclopedia. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 605 pp.
- Syahrizal. 1998. Kadar optimum vitamin E (α -tokoferol) dalam pakan induk ikan lele, *Clarias batrachus* Linn. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. 69 hal.
- Takeuchi, T. 1988. Laboratory Work – Chemical Evaluation of Dietary Nutrien p. 179-225. In Fish Nutrition and Mariculture. Watanabe, T. (Ed.). Department of Aquatic Bioscience. Tokyo University of Fisheries. JICA.
- Tang, U. M. dan R. Affandi. 2000. Biologi reproduksi ikan. Pusat Penelitian Kawasan Pantai dan Perairan. IPB. Bogor. 110pp.
- Watanabe, T. (Ed.). 1988. Fish nutrition and mariculture. Department of Aquatic Bioscience. Tokyo University of Fisheries. JICA. 233p.