

**KESAN NISBAH PROTEIN : LIPID DAN ASID  
LEMAK  $\omega$ 3 :  $\omega$ 6 DI DALAM DIET KE ATAS  
PRESTASI TUMBESARAN DAN PENGGUNAAN  
NUTRISI DALAM  
ANAK IKAN BAUNG, *Mystus nemurus***

**NOR AFINI BINTI MAT NAIN**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**2010**

**KESAN NISBAH PROTEIN : LIPID DAN ASID LEMAK  $\omega$ 3 :  $\omega$ 6  
DI DALAM DIET KE ATAS PRESTASI TUMBESARAN DAN  
PENGUNAAN NUTRISI DALAM  
ANAK IKAN BAUNG, *Mystus nemurus***

oleh

**NOR AFINI BINTI MAT NAIN**

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi  
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

Oktober 2010

**TERISTIMEWA BUAT**

**ABAH & MAMA**

**DAN ADINDA-ADINDA KU SEKALIAN**

**ADILAH, NOORULLAH, HAKIMIN, AMALIA DAN ARIFAH**

**DAN TAK LUPA BUAT INSAN TERISTIMEWA SUAMI YANG TERCINTA**

**NASARUDEEN**

**SERTA ANAKANDAKU AZFAHASYA**

**TERIMA KASIH ATAS SEGALA DORONGAN & PENGORBANAN  
YANG TELAH DIBERIKAN**

## PENGHARGAAN

الحمد لله

Alhamdulillah, segala puji dan syukur ke hadrat Allah S.W.T Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang di atas limpah petunjuk, kekuatan dan rahmat dari-Nya, maka saya telah berjaya menyiapkan tesis bagi peringkat ijazah Sarjana dalam tempoh masa yang telah ditetapkan walaupun pelbagai cabaran yang ditempuhi.

Setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada Profesor Roshada Hashim yang telah sudi menerima saya untuk menjadi pelajar di bawah penyeliaan beliau dan terima kasih juga di atas segala dorongan, teguran dan bimbingan yang telah dicurahkan.

Tidak lupa juga kepada Dr Khoo Khay Huat dan Dr Alexander Chong yang telah memberi tunjuk ajar kepada saya di sepanjang eksperimen dijalankan.

Sahabat-sahabat seperjuangan Arwah Susanna, Kak Amalia, Kak Eti, Sharifah, Khalidah dan Kar Loon yang telah banyak menolong dalam menjayakan kajian ini dan dorongan yang diberikan. Tidak terkecuali ahli-ahli lab 407. Thanks guys...

Tidak lupa ucapan terima kasih kepada Auntie Anna, En. Jamil dan Pak Akob yang banyak membantu di bahagian peralatan kajian.

Akhir sekali, jutaan terima kasih buat semua. Semoga segala jasa baik yang diberi mendapat keredhaan Ilahi dan ia sama sekali tidak akan luput daripada ingatan ini buat selama-lamanya.

*Minnasan... Doumo Arigatougozaimasu...*

## JADUAL KANDUNGAN

Bahagian / Kandungan	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
JADUAL KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI SINGKATAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
<b>BAB 1      PENGENALAN</b>	
1.1      Pengenalan am	1
1.2      Objektif	4
<b>BAB 2      TINJAUAN BACAAN</b>	
2.1      Ikan Baung, <i>Mystus nemurus</i>	5
2.2      Keperluan Nutrisi Ikan	9
2.2.1      Protein dan Asid Amino	10
2.2.2      Karbohidrat	14
2.2.3      Vitamin	16
2.2.4      Mineral	17
2.3      Lipid dan Asid Lemak	
2.3.1      Pengenalan Lipid	18
2.3.2      Jenis-jenis Asid Lemak	21
2.3.3      Keperluan asid lemak perlu (EFA) dalam ikan	24
2.3.4      Pengoksidaan lemak dalam badan ikan	26
2.4      Kesan-kesan asid lemak	
2.4.1      Kematangan dan Pembiakan	28
2.4.2      Sistem imun	28
2.4.3      Kesan-kesan negatif	29
Simpanan Tenaga (“Protein Sparing Effect”) dan Keperluan	
2.5      Tenaga oleh Ikan	31
2.6      Enzim penghadaman	34
2.6.1      Enzim Lipase	35

<b>3.0</b>	<b>Bahan dan Kaedah</b>	
3.1	Pendahuluan	38
3.2	Diet Eksperimen	
3.2.1	Eksperimen I – Kesan Nisbah Protein Kepada Lipid Terhadap Prestasi Tumbesaran, Komposisi Badan dan Profil Asid Lemak bagi Otot Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i>	41
3.2.2	Eksperimen II (Pengaruh Tahap Asid Lemak $\omega 3$ dan $\omega 6$ Terhadap Tumbesaran dan Komposisi Asid Lemak dalam Isi, Hati dan Kulit pada Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i> )	44
3.3	Penyediaan Diet Eksperimen	46
3.4	Pengurusan Ikan dan Corak Eksperimen	47
3.4.1	Pengurusan Ikan	47
3.4.2	Pengumpulan Sampel Ikan	48
3.5	Penilaian Parameter-parameter Pertumbuhan Ikan dan Kecekapan Pemakanan	50
3.6	Penilaian Penggunaan Nitrogen dan Lipid	51
3.6.1	Nitrogen	51
3.6.2	Lipid	51
3.7	Penilaian Indeks Keadaan	52
3.8	Analisis Proksimat	52
3.9	Analisis Kualiti Air	53
3.10	Penentuan Komposisi Asid Lemak dengan Sistem Kromatografi Gas Cecair (GC)	54
3.11	Aktiviti Lipase	56
3.12	Analisis Statistik	56

## **BAB 4 KEPUTUSAN**

	<b>EKSPERIMEN I (Kesan Nisbah Protein Kepada Lipid Terhadap Prestasi Tumbesaran, Komposisi Badan dan Profil Asid Lemak bagi Otot Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i>)</b>	
4.1		
4.1.1	Parameter tumbesaran dan kecekapan pemakanan	57
4.1.2	Indeks Keadaan	62
4.1.3	Penggunaan Nitrogen dan Lipid	63
4.1.4	Komposisi proksimat badan Ikan	67
4.1.5	Kandungan Asid Lemak	69
4.1.6	Aktiviti Lipase	73
4.1.7	Kualiti Air	75

	<b>EKSPERIMEN II (Pengaruh Nisbah Asid Lemak <math>\omega</math>3 dan <math>\omega</math>6 Terhadap Tumbuhan dan Komposisi Asid Lemak dalam Otot, Hati dan Kulit pada Anak Ikan Baung, <i>Mystus nemurus</i>)</b>	
<b>4.2</b>		
4.2.1	Parameter tumbuhan dan kecekapan pemakanan	77
4.2.2	Indeks Keadaan	80
4.2.3	Komposisi proksimat badan Ikan	82
4.2.4	Komposisi Asid Lemak Otot, Hati dan Kulit Ikan	84
4.2.5	Aktiviti Lipase	94
4.2.6	Kualiti Air	96
<b>5.0</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	
	<b>EKSPERIMEN I (Kesan Nisbah Protein Kepada Lipid Terhadap Prestasi Tumbuhan, Komposisi Badan dan Profil Asid Lemak bagi Otot Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i>)</b>	
5.1		98
	<b>EKSPERIMEN II (Pengaruh Nisbah Asid Lemak <math>\omega</math>3 dan <math>\omega</math>6 Terhadap Tumbuhan dan Komposisi Asid Lemak dalam Isi, Hati dan Kulit pada Anak Ikan Baung, <i>Mystus nemurus</i>)</b>	
5.2		108
<b>6.0</b>	<b>KESIMPULAN</b>	119
6.1	<b>CADANGAN</b>	120
	<b>RUJUKAN</b>	121
	<b>LAMPIRAN</b>	
	A. Analisis Proksimat	142
	B. Analisis Asid Lemak	146
	C. Analisis Kualiti Air	149
	<b>SENARAI ABSTRAK BUKU PROSIDING</b>	152

## SENARAI JADUAL

Jadual		Muka surat
2.0	Jenis Asid Amino Perlu dan Asid Amino Tak Perlu pada Ikan (De Silva & Anderson, 1995)	12
2.1	Asid lemak tak tepu (Belitz dan Grosch, 1987)	23
2.2	Keperluan asid lemak beberapa jenis ikan (Watanabe, 1982).	26
3.1	Bahan mentah dan komposisi proksimat ( $\text{g kg}^{-1}$ ) bagi Eksperimen I diberi kepada anak baung, <i>M. nemurus</i> selama 16 minggu	42
3.2	Kandungan asid lemak dalam diet eksperimen yang dibekalkan kepada anak baung <i>M. nemurus</i> dengan nisbah protein : lipid yang berbeza	43
3.3	Kandungan bahan mentah dan komposisi proksimat diet eksperimen yang dibekalkan kepada anak baung selama 16 minggu	45
4.1	Prestasi tumbesaran dan penggunaan nutrisi (berat kering) oleh anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah protein:lipid selama 16 minggu.	61
4.2	Indeks Hepatosomatik (HSI), Indeks Viserosomatik (VSI), Lemak Intraperitoneal (IPF) dan Indeks Keadaan (CF) anak ikan baung yang diberi diet dengan nisbah paras protein : lipid berbeza selepas 16 minggu	64
4.3	Penggunaan nitrogen dan lipid oleh anak baung, <i>Mystus nemurus</i> yang diberi diet dengan paras protein : lipid yang berbeza selepas 16 minggu.	65
4.4	Komposisi proksimat badan ikan (% berat kering) oleh anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah protein : lipid selepas 16 minggu	68



---

4.5	Komposisi asid lemak tisu otot ikan baung yang diberi diet yang berbeza nisbah protein dan lipid selama 16 minggu.	72
4.6	Parameter kualiti air bagi anak baung, <i>Mystus nemurus</i> yang diberikan diet yang berbeza nisbah protein dan lipid selepas 16 minggu kajian dijalankan	76
4.7	Prestasi tumbesaran dan penggunaan nutrisi (berat kering) oleh anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan	79
4.8	Indek Hepatosomatik (HSI), indek viscerosomatik (VSI), lemak intraperitoneal (IPF) and faktor keadaan (CF) oleh anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan.	81
4.9	Komposisi proksimat badan ikan (% berat kering) oleh anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan.	83
4.10	Komposisi asid lemak dalam diet eksperimen yang dibekalkan kepada ikan baung dengan nisbah $\omega 3$ dan $\omega 6$ yang berbeza selama 16 minggu.	85
4.11	Komposisi asid lemak dalam isi ikan baung yang diberi diet dengan paras $\omega 3$ dan $\omega 6$ yang berbeza selama 16 minggu.	86
4.12	Komposisi asid lemak dalam hati ikan baung yang diberi diet dengan paras $\omega 3$ dan $\omega 6$ yang berbeza selama 16 minggu.	89
4.13	Komposisi asid lemak dalam kulit ikan baung yang diberi diet dengan paras $\omega 3$ dan $\omega 6$ yang berbeza selama 16 minggu.	92
4.14	Parameter-parameter kualiti air bagi anak baung, <i>Mystus nemurus</i> yang diberikan diet yang berbeza nisbah $\omega 3$ dan $\omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan.	97

---

## SENARAI RAJAH

Rajah		Muka surat
2.0	Anak baung, <i>Mystus nemurus</i> (Cuv. & Val)	5
2.1	Perbezaan bentuk badan untuk setiap spesies bagi <i>Mystus</i> (A) <i>M. baramensis</i> , (B) <i>M. nigriceps</i> , (C) <i>M. nemurus</i> , (D) <i>M. wyckii</i> , (E) <i>M. vittatus</i>	6
2.2	Menunjukkan pembentukan molekul trigliserida melalui pencantuman asid lemak dengan gliserol (R1, R2 dan R3 merupakan asid-asid lemak yang berlainan)	18
2.3	Tapak metabolisme asid lemak rainbow trout, <i>Salmo gairdneri</i> (NRC, 1973)	20
3.1	Ringkasan corak Eksperimen I – Kesan Nisbah Protein Kepada Lipid Terhadap Prestasi Tumbesaran, Komposisi Badan dan Profil Asid Lemak bagi Otot Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i>	39
3.2	Ringkasan corak Eksperimen II (Pengaruh Nisbah Asid Lemak $\omega 3$ dan $\omega 6$ Terhadap Tumbesaran dan Komposisi Asid Lemak dalam Otot, Hati dan Kulit pada Anak Baung, <i>Mystus nemurus</i> )	40
4.1	Kadar Tumbesaran (RGR, %) Anak Baung yang Diberi Diet dengan Nisbah Protein : Lipid yang Berbeza Selama 16 Minggu dalam Eksperimen I	58
4.2	Perbandingan Kandungan asid lemak tepu, mono tak tepu, poli tak tepu, $\Sigma\omega 3$ dan $\Sigma\omega 6$ pada diet dan otot anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu	71
4.3	Aktiviti lipase ( $U\ mg^{-1}$ protein) dalam perut, usus dan hati anak baung yang dibekalkan diet berbeza nisbah protein dan lipid selepas 16 minggu kajian dijalankan	74
4.4	Kadar tumbesaran relatif (%) anak baung, <i>Mystus nemurus</i> yang diberi diet dengan berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan	78
4.5a	Perbandingan kandungan (a) asid lemak tepu dan (b) mono tak tepu pada diet, isi, hati dan kulit anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan	87

---

4.5b	Perbandingan kandungan (c) poli tak tepu dan (d) $\Sigma\omega 3$ dalam diet, otot, hati dan kulit anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan	90
4.5c	Perbandingan kandungan (e) $\Sigma\omega 6$ dan (f) HUFA pada diet, otot, hati dan kulit anak baung, <i>M. nemurus</i> dibekalkan diet yang berbeza nisbah $\omega 3 : \omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan	93
4.6	Aktiviti lipase (U) dalam perut, usus dan hati anak baung yang dibekalkan diet yang berbeza dalam nisbah $\omega 3$ dan $\omega 6$ selepas 16 minggu kajian dijalankan.	95

---

## SENARAI SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Huraian</b>
AA	Asid lemak arakidonik
CF	Indeks keadaan
CMC	Karboksimetil selulosa
CO	Minyak jagung
DHA	Asid lemak dokosaheksaenoik
EFA	Asid lemak perlu
EPA	Asid lemak eikosapentaenoik
FAME	Metil ester asid lemak
FO	Minyak ikan
GC	Sistem kromatografi gas cecair
GE	Tenaga kasar
HSI	Indeks hepatosomatik
HUFA	Asid lemak tinggi tak tepu
IPF	Indeks lemak Intraperitoneal
MUFA	Asid lemak mono tak tepu
NFE	Ekstrak bebas nitrogen
NPU	Penggunaan protein bersih
PUFA	Asid lemak poli tak tepu
SFA	Asid lemak tepu
SGR	Kadar tumbesaran spesifik
VSI	Indeks viserosomatik

**KESAN NISBAH PROTEIN : LIPID DAN ASID LEMAK  $\omega 3$  :  $\omega 6$  DI DALAM  
DIET KE ATAS PRESTASI TUMBESARAN DAN PENGGUNAAN NUTRISI  
DALAM ANAK IKAN BAUNG, *Mystus nemurus***

**ABSTRAK**

Dua kajian telah dijalankan untuk menentukan paras kombinasi protein : lipid dan kesan manipulasi nisbah asid lemak  $\omega 3$  :  $\omega 6$  dalam pemakanan anak ikan baung, *Mystus nemurus*. Dalam Eksperimen I, lapan diet berisonitrogen dan isokalori dengan dua paras protein (35% dan 40%) dan empat paras lipid (5%, 10%, 15% dan 20%) telah dirumus dan setiap diet yang diuji dikodkan sebagai 35P:5L, 35P:10L, 35P:15L, 35P:20L, 40P:5L, 40P:10L, 40P:15L dan 40P:20L. Keputusan menunjukkan bahawa paras protein dalam pemakanan mempengaruhi kadar tumbesaran relatif (RGR) dan kadar tumbesaran spesifik (SGR) anak ikan baung secara signifikan ( $P < 0.05$ ). Bagi nilai FCR, tiada perbezaan signifikan ( $P > 0.05$ ) dicatatkan, tetapi dengan peningkatan paras lipid, nilai FCR bertambah baik pada paras protein yang rendah (35%). Secara keseluruhannya, tiada interaksi yang dicatatkan antara pemakanan protein dan lipid terhadap kadar pertumbuhan dan penyimpanan protein. Walau bagaimanapun, Diet 35P:20L (Diet D) telah menunjukkan kadar tumbesaran yang maksimum dan berbeza secara signifikan ( $P < 0.05$ ) dengan diet-diet lain kecuali diet 35P:15L (Diet C). Oleh sebab itu, wujud kesan simpanan protein pada anak baung yang mana spesies ini boleh menggunakan lipid dengan baik pada paras protein yang rendah (35%). Eksperimen II merupakan lanjutan kepada Eksperimen I di mana paras diet yang diuji mengandungi nisbah protein : lipid sebanyak 35P:15L tetapi berbeza daripada segi nisbah asid lemak  $\omega 3$ : $\omega 6$  bagi menentukan keperluan nisbah  $\omega 3$  dan  $\omega 6$  untuk anak baung. Sebanyak lima diet

(isonitrogen dan isokalori) telah dirumus dengan perbezaan nisbah  $\omega_3$  :  $\omega_6$  iaitu Diet 1:0.33, 1:0.5, 1:1, 1:2 dan 1:3. Keputusan Eksperimen II menunjukkan bahawa anak baung yang diberi kombinasi  $\omega_3$  :  $\omega_6$  sebanyak 1:0.5 telah menghasilkan prestasi tumbesaran yang terbaik, nilai FCR yang rendah dan PER yang tinggi serta berbeza secara signifikan ( $P < 0.05$ ) berbanding diet-diet lain. Secara umum, komposisi asid lemak dalam otot, hati dan kulit anak baung mencerminkan diet yang dibekalkan. Menariknya, keputusan ini berbeza dengan sifat ikan air tawar yang kebiasaannya memerlukan asid lemak  $\omega_6$  lebih tinggi berbanding  $\omega_3$ . Kesimpulannya, boleh disarankan bahawa keperluan nutrisi bagi anak baung untuk tumbesaran yang optimum ialah 35% protein dan 15% lipid dengan tenaga kasar (GE)  $1911.63 \text{ kJ}^{-1}$  dan mempunyai nisbah  $\omega_3$  dan  $\omega_6$  sebanyak 1.77.

**EFFECT OF DIETARY PROTEIN : LIPID AND FATTY ACID  $\omega$ 3 :  $\omega$ 6 RATIO  
ON GROWTH PERFORMANCE AND NUTRIENT UTILIZATION IN  
BAUNG, *Mystus nemurus* FINGERLINGS.**

**ABSTRACT**

Two experiments were carried out to determine the level of combination for protein : lipid ratio and effects of the manipulation on  $\omega$ 3 :  $\omega$ 6 fatty acid ratios for baung fingerlings, *Mystus nemurus*. Experiment I was conducted to determine the influence of protein : lipid ratio on growth performance, feed efficiency and muscle fatty acid profile of freshwater bagrid catfish, *Mystus nemurus*. Eight semipurified (isonitrogenous and isocaloric) diets were formulated which consisted two levels of protein (35% dan 40%) and four lipid levels (5%, 10%, 15% dan 20%) and designated as 35P:5L, 35P:10L, 35P:15L, 35P:20L, 40P:5L, 40P:10L, 40P:15L dan 40P:20L, respectively. Results showed that dietary protein level significantly ( $P < 0.05$ ) influenced relative growth rate (RGR) and specific growth rate (SGR) of baung. The combination of protein and lipid ratio had no effect ( $P > 0.05$ ) on FCR. However at lower protein level (35%) FCR value improved with increasing dietary lipid level. There was no interaction between protein and lipid ratio on growth performance and protein retention. Diet D which have combination of 35% protein and 20% lipid gave the best growth performance and significantly difference ( $P < 0.05$ ) among all of the experimental diets except diet 35P:15L (Diet C). However, if considered protein sparing effect, bagrid catfish, *Mystus nemurus* can utilize lipid better at 35% protein. Then, Experiment II was carried out to

determined the requirement of  $\omega 3 : \omega 6$  ratio on bagrid catfish, *Mystus nemurus* fingerlings. In this study, five experimental diets which contained 35% protein dan 15% lipid (isonitrogenous and isocaloric) with different  $\omega 3:\omega 6$  ratios were formulated and designated as Diet 1:0.33, 1:0.5, 1:1, 1:2 dan 1:3, respectively. The results in this study showed that Diet 1:0.5 gave the best growth performance whereas FCR and PER were significantly different ( $P < 0.05$ ) among others. Generally, fatty acid composition of muscle, liver and skin mirrored dietary fatty acid profiles. As a conclusion, nutrient requirement of baung can be fulfilled by using a diet consisting of 35P:15L with 1911.63  $\text{kJ}^{-1}$  gross energy (GE) and  $\omega 3 : \omega 6$  ratio 1.77.



## **BAB 1 PENGENALAN**

### **1.1 Pengenalan Am**

Ikan baung (*Mystus nemurus*) merupakan spesies asal ikan di Asia Tenggara dan mempunyai rasa yang sedap dan kuantiti nutrien yang baik. Spesies ini mewakili calon baru akuakultur dengan kapasiti pengeluaran lebih kurang 700 tan per tahun (Andreas *et al.*, 2002). Ia juga mempunyai potensi untuk menjadi spesies ternakan akuakultur yang utama di beberapa bahagian Asia (Leesa-Nga *et al.*, 2000). Meskipun terdapat peningkatan dalam pengeluaran ikan air tawar bagi spesies karnivor ini untuk memenuhi keperluan pengguna, data mengenai spesies ikan baung ini masih terhad (Tantikitti & Chimsung, 2001; Ng *et al.*, 2001).

Dalam akuakultur, sumber protein merupakan faktor utama mempengaruhi prestasi tumbesaran ikan dan sumber tenaga yang penting (Kim & Lee, 2004 dan Sheng & He, 1994). Protein adalah penyumbang yang sangat besar dalam kos pengeluaran makanan (Miller *et al.*, 2005) kerana ia merupakan nutrien makro yang termahal berbanding lipid dan karbohidrat (Lovell, 1989; McGoogan & Gaitlin, 1999). Dengan ini, penternak akuakultur patut memperkenalkan penggunaan lipid sebagai sumber tenaga untuk meningkatkan penahanan protein (Satinha *et al.*, 1999). Penggunaan paras lipid yang tinggi dalam diet ikan membabitkan interaksi sumber protein untuk memberi kesan kepada prestasi tumbesaran (Miller *et al.*, 2005). Dengan ini, lipid yang dibekalkan digunakan sepenuhnya bagi memenuhi keperluan tenaga manakala protein pula hadir untuk perkembangan tumbesaran. Proses ini dikenali sebagai kesan simpanan protein (“protein sparing effect”). Oleh yang demikian, penternak mampu untuk menghasilkan

atau merumus makanan yang lebih jimat dan berekonomi (Helland & Grisdale-Helland, 1998; Takukawa, *et al.*, 2006). Pelbagai kajian yang menunjukkan kesan simpanan protein oleh lipid telah didokumentasikan pada beberapa jenis spesies termasuklah ikan lee koh (Watanabe *et al.*, 1987), gilthead seabream, *Sparus aurata* (Vergara *et al.*, 1999), rockfish, *Sebastes schlegeli* (Lee *et al.*, 2002), common dentex, *Dentex dentex* L. (Skalli *et al.*, 2004) dan Cuneate drum, *Nibea miichthioides* (Wang *et al.*, 2006).

Protein yang berlebihan dalam diet amat tidak diingini kerana protein akan digunakan sebagai tenaga dan seterusnya meningkatkan kos pengeluaran makanan (Ruohinen *et al.*, 2003; Jahan *et al.*, 2002). Di samping itu, protein juga boleh meningkatkan pengeluaran sisa kumbahan nitrogen di persekitaran akuatik (Takukawa *et al.*, 2006). Perkumuhan nitrogen adalah hasil daripada proses katabolisme protein kepada tenaga dan ia boleh dikurangkan dengan penggantian dan peningkatan paras sumber bukan protein dalam kandungan diet. Ini bermaksud pengurangan nisbah dalam proses penghadaman protein kepada tenaga (Satinha *et al.*, 1999). Walau bagaimanapun, diet yang mengandungi tenaga dan paras lipid yang tinggi secara amnya akan memberikan kesan yang negatif seperti peningkatan dalam pengumpulan lemak badan ikan (Watanabe, 1982) serta menghasilkan ikan yang berlemak (Fu *et al.*, 2001) yang mana akan menyebabkan kemerosotan dalam nilai komersial bagi sesuatu produk ikan lebih-lebih lagi sekiranya pengumpulan lipid berlaku dalam otot ikan.

Lipid merupakan sumber tenaga dan penyumbang utama asid lemak dalam diet pemakanan ikan. Asid lemak arakidonik (AA, C20:4n-6), eikosapentanoik (EPA, C20:5n-3) dan dokosaheksanoik (DHA, 22:6n-3) merupakan tiga jenis asid lemak tinggi tak tepu (HUFA) yang sering menarik perhatian penyelidik untuk mengkaji keperluan ikan terhadap asid lemak HUFA untuk tumbesaran, pembiakan dan perkembangan. Asid lemak linoleik (C18:2n-6) dan linolenik (C18:3n-3) pula merupakan asid lemak perlu (EFA), kerana ia tidak dapat disintesis oleh ikan. Walau bagaimanapun, kebanyakan ikan air tawar mempunyai kebolehan untuk menukarkan rantaian C18 ini kepada rantaian yang lebih panjang, HUFA (Ibeas *et al.*, 1996). C18:2n-6 boleh ditukarkan kepada AA manakala C18:3n-3 pula boleh tukarkan kepada rantaian panjang seperti EPA dan DHA. Namun, sebaliknya berlaku pada ikan marin yang memerlukan  $\omega$ 3 HUFA pada paras yang tertentu kerana kebanyakan spesies marin tidak mampu mensintesis asid lemak HUFA dari rantaian pendek seperti C18:2n-6 dan C18:3n-3 (Yone, 1982). Kajian terhadap nisbah  $\omega$ 3 dan  $\omega$ 6 perlu dilakukan untuk mengetahui kesannya terhadap prestasi tumbesaran dan kecekapan makanan dalam spesies ikan air tawar.

## 1.2 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini ialah untuk mengurangkan sisa nitrogen dan mengenalpasti keperluan nutrien (pemakanan) dalam ternakan anak ikan baung (*Mystus nemurus*) dengan memanipulasi nisbah protein : lipid dan  $\omega 3:\omega 6$  dalam dietnya.

Objektif lain kajian adalah seperti berikut:

- a. Mengenalpasti nisbah protein : lipid untuk tumbesaran yang optimum bagi anak baung (*Mystus nemurus*).
- b. Mengetahui kesan nisbah asid lemak  $\omega 3$  :  $\omega 6$  terhadap pertumbuhan, kualiti otot, hati dan kulit anak baung (*Mystus nemurus*).

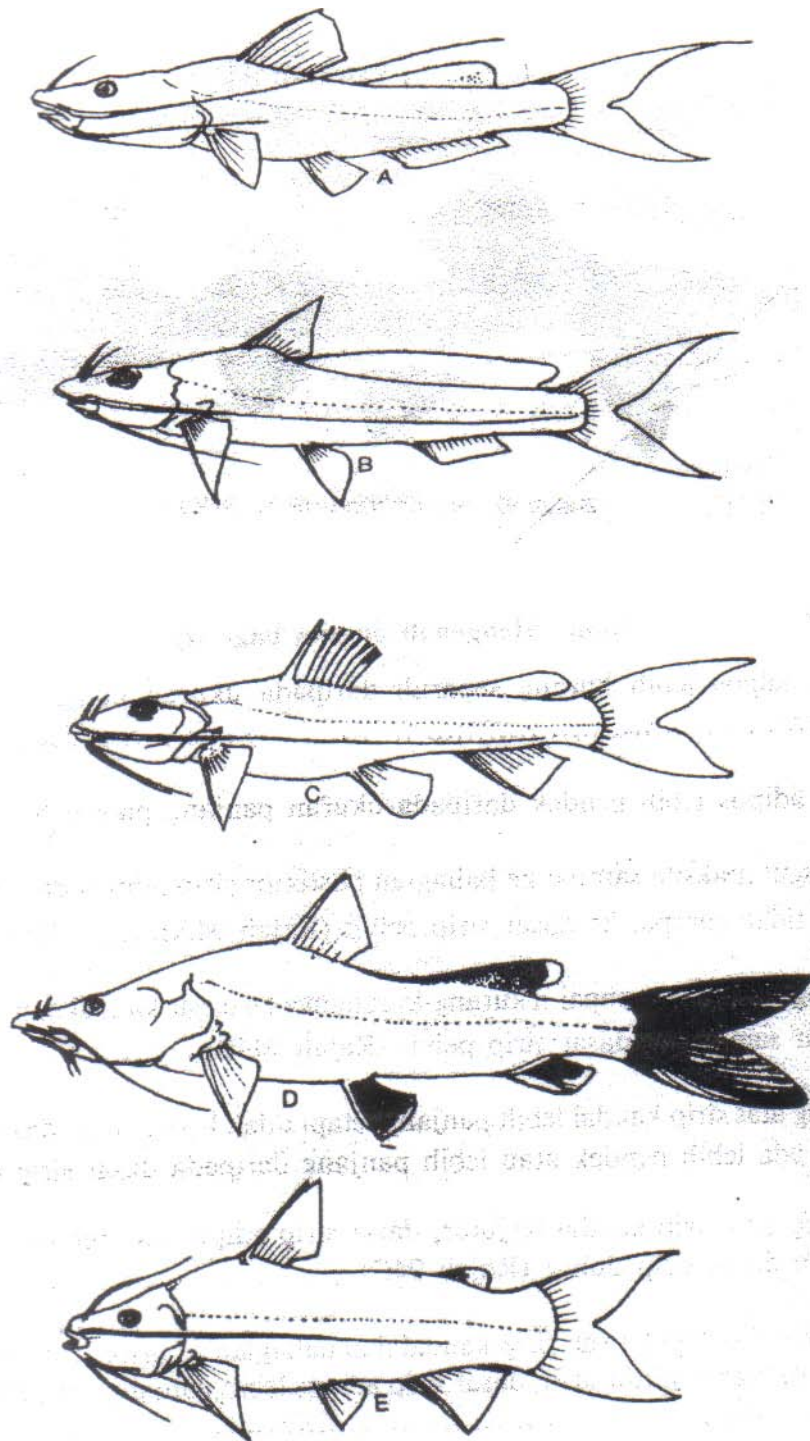
## BAB 2 TINJAUAN BACAAN

### 2.1 Ikan Baung (*Mystus nemurus* (Cuv. & Val)).



**Rajah 2.0:** Anak baung, *Mystus nemurus* (Cuv. & Val)

Ikan baung atau nama saintifiknya *Mystus nemurus* berasal dari sub-order Siluroidea dan famili Bagridae serta merupakan ikan bagrid yang tertabur luas di Semenanjung Malaysia (Khan *et al.*, 1996). Ikan ini biasanya dikenali sebagai ‘yellow bagrid catfish’ atau ‘river catfish’ dan terdapat di ekosistem air tawar dan muara pada julat kedalaman 2 – 40 m di kawasan Asia (Amornsakun *et al.*, 1998). Mohsin dan Ambak (1983) telah melakukan persampelan spesies ini di kawasan hilir Sungai Klang dan pada parit berdekatan sawah di Tanjung Karang, Selangor; Sungai Nerus, Sungai Terengganu, Terengganu; Sungai Keratong, Pahang dan Bukit Merah, Perak. Baung tidak menggemari air yang keruh ataupun air berlumpur kerana spesies ini tidak seperti ikan keli yang mempunyai organ pernafasan tambahan (arboresens). Oleh itu, ia boleh dijumpai di kawasan yang mempunyai kepekatan oksigen terlarut yang tinggi iaitu di antara 6 mg/L hingga 8 mg/L (Khan, 1987).



Rajah 2.1: Perbezaan bentuk badan untuk setiap spesies bagi *Mystus* (A) *M. baramensis*, (B) *M. nigriceps*, (C) *M. nemurus*, (D) *M. wyckii*, (E) *M. vittatus*.

Di Sabah dan Sarawak, ikan baung dikenali sebagai ikan baon manakala di Thailand, ia dipanggil plakot. Ikan baung dinamakan tagih di Jawa Barat dan kendiga merupakan nama yang digunakan di Borneo Tengah (Khan, 1988). Ikan baung mempunyai lebih daripada satu spesies dan perbezaan bentuk badan ikan baung boleh dilihat pada Rajah 2.1.

Baung berwarna kelabu gelap berkilat pada bahagian dorsal, manakala bahagian ventralnya berwarna cerah. Walau bagaimanapun, warna badan ikan baung berbeza bergantung kepada usia dan habitat ikan tersebut. Bagi ikan yang sudah matang, sisi distal pada sirip dorsal, adipos, pektoral dan kaudal berwarna merah darah manakala sisi distal sirip pelvik pula berwarna oren cair (Mohsin dan Ambak, 1983). Ikan baung mempunyai kepala yang besar dan lebar, siripnya terdapat satu spina pada sirip dorsal dan sepasang spina pada sirip pektoral yang kuat serta bergerigis ke belakang, sirip adipos yang pendek daripada sirip dorsalnya serta sirip kaudal diserkal. Ikan baung tidak mempunyai sisik dan mempunyai empat pasang sesungut yang mungkin bertujuan untuk membantu mengesan makanan pada waktu malam (Khan, 1988). Mulutnya ialah jenis terminal atau sub-terminal. Menurut Khan *et al.* (1988), ikan ini mempunyai gigi yang kuat, kecil dan tajam pada rahang dan bawah. Gigi jenis ini membantunya menyambar, menikam, memegang dan mengoyak mangsa dengan mudah. Ikan baung tidak mempunyai serkum pilorik oleh itu perut biasanya besar untuk menelan mangsa yang bersaiz agak besar.

Baung merupakan ikan pemangsa dan lazimnya hidup di habitat bentik dengan memakan pelbagai jenis mangsa yang didominasi oleh ikan, serangga, udang, organisma bentik seperti krustasea dan detritus (Amornsakun *et al.*, 1998). Jadi, ia dianggap sebagai ikan omnivor tetapi lebih bersifat karnivor (pemangsa). Selain itu, ikan baung juga bersifat nokturnal iaitu haiwan yang aktif pada waktu malam. Pergerakan ikan baung pada waktu malam dibantu oleh sesungut mandibel dan maksilari, tanpa melibatkan organ matanya untuk mencari makan (Khanna, 1968 dipetik oleh Khan, 1988). Kadar kemandirian dan pertumbuhan larva dan anak ikan baung ditentukan oleh pelbagai faktor persekitaran, bekalan makanan dan sebagainya (Amornsakun *et al.*, 1998).

Ikan baung membiak di hulu sungai biasanya selepas permulaan musim hujan di dalam lubang-lubuk kecil yang ditutupi dengan daun-daun kering dan ranting-ranting yang merupakan substrat bagi telur-telur ikan. Ikan baung akan menjaga telur-telurnya sehingga menetas. Setelah menetas, anak ikan bergantung kepada plankton sebagai sumber makanan, sehinggalah mereka menjadi juvenil dan berhijrah ke hilir sungai (Khan, 1996).

Ikan baung dianggap sebagai ikan gred satu di negara Asia Tenggara, termasuklah Thailand dan Malaysia (Amornsakun *et al.*, 1998). Ikan ini juga menjadi sajian penting bagi penduduk di sekitar sungai dan merupakan spesies komersial yang penting dan popular untuk perikanan dalaman. Permintaan pasaran ikan ini juga tinggi kerana rasanya yang enak, kurang tulang dan tekstur daging yang lembut. Tambahan pula, ikan ini mempunyai 44.1% daging rendah lemak yang mengandungi 92.2% protein dan 1.3% lemak berdasarkan berat kering (Kamarudin, 1999).



Sebaliknya, ikan baung masih dikenali sebagai spesies ‘baru’ dalam sektor akuakultur dan pengeluarannya di Malaysia menjadi signifikan pada tahun 1993 akibat kejayaan program pembiakan aruhan (Kamarudin, 1999). Kini ikan baung diternak dalam kolam dan tangki semi-intensif atau sangkar terapung secara intensif. Kebelakangan ini, banyak ikan baung diternak dengan kadar penstockan dan kadar pemakanan yang lebih tinggi (Khan, 1996). Pada tahun 1997, pengeluaran ikan baung dari kolam ternakan di Selangor dianggarkan mempunyai 217.12 tan (Kamarudin, 1999). Dewasa ini, penternakan ikan baung ditingkatkan di seluruh negara ekoran dari permintaan yang semakin bertambah (Khan, 1996; Andreas, 2002; Leesa-Nga *et al.*, 2000).

## **2.2 Keperluan Nutrisi Ikan**

Pengetahuan asas keperluan pemakanan untuk perumusan dan pembuatan makanan sangat penting bagi memenuhi keperluan sesuatu spesies haiwan. Nutrien yang diperlukan oleh ikan yang berperanan untuk tumbesaran, pembiakan dan aktiviti fisiologi adalah sama dengan keperluan bagi haiwan daratan (Lovell, 1991). Kebanyakan penternak menggunakan diet yang mengandungi semua keperluan iaitu protein (18 – 50%), lipid (10 – 30%), karbohidrat (15 – 30%), abu (<8.5%), fosforus (<1.5%), air (<10%) dan nilai yang mencukupi bagi vitamin dan mineral (Craig & Helfrich, 2002). Nutrien ini hadir dalam mikroorganisma akuatik ataupun diet yang disediakan. Nutrien lengkap perlu apabila ikan dikultur secara intensif ataupun superintensif iaitu apabila ikan tidak boleh mendapat makanan semulajadi. Walau bagaimanapun, sekiranya terdapat makanan semulajadi, diet yang dibekalkan hanya berperanan sebagai makanan tambahan

dan ia tidak perlu mengandung semua keperluan nutrien (Lovell, 1991; Craig & Helfrich, 2002).

Sejak akhir-akhir ini, penekanan terhadap peranan nutrien dalam pemakanan ikan telah dikenalpasti sebagai faktor penting dalam kesihatan dan metabolisme ikan (Halver, 2001). Kekurangan satu atau lebih nutrien penting ini akan mengganggu atau merencatkan fungsi fisiologi dan seterusnya mampu menyebabkan kematian kepada ikan berkenaan (Lovell, 1991). Kekurangan nutrien juga akan mengakibatkan ikan ternakan mengalami tekanan dan cenderung untuk dijangkiti penyakit disebabkan kemerosotan daya tahan terhadap patogen (Kabata, 1991). Tambahan pula ikan yang mengalami simptom-simtom jangkitan penyakit mempunyai nilai komersial yang rendah dan seterusnya akan merugikan penternak. Oleh itu, bagi menjamin produk yang berkualiti tinggi, ikan ternakan seharusnya mendapat nutrien yang secukupnya.

### **2.2.1 Protein dan Asid Amino**

Protein merupakan komponen utama nutrisi diet. Namun penggunaan protein yang tinggi boleh mengakibatkan peningkatan kos makanan kerana ia adalah nutrien paling mahal dalam diet berbanding nutrisi-nutrisi lain. Keperluan optimum protein bagi ikan bergantung kepada keseimbangan keperluan tenaga, komposisi asid amino, penghadaman protein dan jumlah sumber tenaga bukan protein seperti lipid dan karbohidrat di dalam sesuatu formulasi diet makanan. Pada kebiasaannya, berat kering kandungan protein pada isi ikan adalah di antara 45 – 85% (Hepher, 1988).

Fungsi utama protein ialah membekalkan asid amino yang diperlukan oleh ikan untuk penyelenggaraan, pertumbuhan dan penghasilan sel badan. Ia amat penting bagi haiwan ternakan akuatik yang tidak dibekalkan sebarang sumber makanan semulajadi. Oleh itu, penggunaan serbuk ikan sebagai sumber protein diambilkira kerana ia memenuhi kandungan asid amino perlu untuk spesies akuakultur (Nandeesha *et al.*, 1991). Protein tumbuhan juga boleh digunakan namun penggunaannya terhad kerana ia kekurangan beberapa komponen asid amino perlu. Contohnya serbuk kacang soya mempunyai kandungan metionina dan sistina yang rendah, jadi asid amino sintetik akan ditambah di dalam formulasi diet bagi menampung kekurangan asid amino ini. Selain itu, sesetengah protein tumbuhan mengandungi faktor antinutrisi, sebagai contoh perencat protease, phytates, glukosinolat, saponin, tannin, alkaloid dan gosipol (Francis *et al.*, 2001) yang akan menghalang penghadaman penyerapan kandungan nutrien di dalam diet yang dibekalkan. Walau bagaimanapun, terdapat langkah bagi mengatasi masalah ini iaitu dengan memasak sumber protein tumbuhan tersebut sebelum ia dijadikan pelet makanan ikan.

Nilai nutrisi protein adalah berpandukan kepada jumlah relatif asid amino yang wujud di dalamnya. Craig dan Helfrich (2002) menyatakan bahawa sebanyak 200 jenis asid amino yang wujud secara semulajadi, namun hanya 20 asid amino yang biasa dijumpai dan 10 daripadanya merupakan asid amino perlu. Asid amino perlu ialah asid amino yang diperlukan untuk tumbesaran dan proses aktiviti badan yang lain dan asid amino ini tidak boleh disintesis dan mesti dibekalkan di dalam diet. Jadual 2.0 menunjukkan jenis-jenis asid amino perlu dan tak perlu bagi ikan.

Asid amino perlu	Asid amino tak perlu
Arginina	Alanina
Histidina	Asparagina
Isoleusina	Aspartat
Leusina	Sistina
Lisina	Glutamat
Metionina	Glutamina
Fenilalanina	Glisina
Threonina	Prolina
Triptofan	Serina
Valina	Tirosina

**Jadual 2.0:** Jenis Asid Amino Perlu dan Asid Amino Tak Perlu pada Ikan (De Silva & Anderson, 1995)

Pada amnya, keperluan protein tinggi pada ikan juvenil. Semakin ikan membesar, keperluan terhadap protein semakin berkurangan. Contohnya fri ikan keli channel memerlukan 40% protein, manakala pada peringkat jarian (“fingerling”), ia memerlukan 30 – 35% protein dan keli channel yang bersaiz melebihi 110g pula memerlukan protein antara 25 – 35% untuk pertumbuhan (NRC, 1993). Selain itu, keperluan protein juga bergantung kepada keadaan persekitaran ternakan, suhu dan kualiti air serta komposisi genetik dan kadar pemakanan ikan tersebut. Jadi protein yang dibekalkan seharusnya digunakan untuk tumbesaran sekiranya tenaga yang dibekalkan di dalam diet adalah mencukupi. Jika sebaliknya berlaku, ikan akan menggunakan protein sebagai tenaga berbanding pertumbuhan (Craig & Helfrich, 2002).

Secara umumnya, keperluan ikan terhadap protein lebih tinggi berbanding dengan haiwan daratan lain disebabkan ikan kurang cekap dalam penggunaan sumber karbohidrat sebagai sumber tenaga (Weatherly & Gill, 1987). Keperluan asid amino bagi ikan selalunya melebihi dua kali ganda jumlah asid amino yang diperlukan oleh mamalia

daratan (Cowey & Sargent, 1979). Paras protein dalam diet praktikal bagi penternakan ikan di iklim panas secara purata ialah antara 30 – 36% manakala keperluan protein bagi ternakan daratan hanya di antara 16 – 22% (Lovell, 1989). Ini menunjukkan bahawa protein bukan sahaja diperlukan oleh ikan untuk membina tisu dan menghasilkan produk kaya protein tetapi ia juga bertindak sebagai sumber tenaga.

Pada masa yang sama, keperluan ikan terhadap protein juga bergantung kepada tabiat pemakanannya. Keperluan protein ikan herbivor dan omnivor adalah antara 20 – 30%, manakala ikan karnivor memerlukan 30 – 40% protein. Pandian (1989) mendapati keperluan protein ikan yang dikultur di Asia seperti ikan tilapia dan kap (omnivor dan herbivor) ialah di antara 25 – 30%, manakala ikan karnivor seperti salmon dan trout memerlukan paras protein yang lebih tinggi iaitu di antara 35 – 50%. Nilai cerna protein bagi kebanyakan ikan ialah di antara 28 – 50% daripada jumlah berat makanan. Kajian yang telah dijalankan oleh Ng *et al.* (2001) menunjukkan bahawa paras 41% protein menghasilkan kadar pertumbuhan dan penggunaan protein yang paling baik bagi anak ikan baung (*Mystus nemurus*).

Namun begitu, kegunaan protein sebagai sumber tenaga boleh dimanipulasi dengan menggunakan sumber bukan protein yang lain contohnya lipid dan karbohidrat untuk membekalkan tenaga. Keperluan protein untuk tumbesaran berkurang dengan peningkatan kadar kandungan lipid dalam diet. Kajian telah dijalankan ke atas gilthead seabream, *Sparus aurata* yang diberi makanan pada beberapa paras protein (42 – 58% P) oleh Vergara *et al.* (1996). Keputusan menunjukkan kandungan protein dalam diet boleh dikurangkan dari 58% kepada 46% sekiranya kandungan lipid ditingkatkan dari 9%

kepada 15% . Walau bagaimanapun, mereka tidak dapat membuktikan wujudnya kesan simpanan protein dalam kajian tersebut.

Oleh kerana protein digunakan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme, maka kuantiti yang secukupnya dan berterusan haruslah dibekalkan. Kekurangan protein dan asid amino perlu boleh menyebabkan pengurangan kadar pertumbuhan atau kehilangan berat badan secara pengeluaran protein dari tisu untuk mengekalkan fungsi keperluan hidup dan kecekapan penukaran makanan (Hepher, 1988). Kajian Halver (1998) menunjukkan bahawa kekurangan triptofan pada ikan sockeye salmon menyebabkan berlakunya skoliosis kerana terdapat kecacatan pada miomer dan notokod ikan tersebut.

### **2.2.2 Karbohidrat**

Karbohidrat juga satu daripada nutrien perlu dalam diet ikan. Karbohidrat terdiri daripada atom karbon, hidrogen dan oksigen, contohnya gula, kanji dan selulosa. Tumbuh-tumbuhan merupakan sumber utama karbohidrat dan ia terdiri daripada kira-kira 50% sehingga 80% berat kering pada sesetengah tumbuhan. Terdapat tiga jenis karbohidrat iaitu monosakarida (contohnya glukosa dan fruktosa), disakarida (contohnya sukrosa dan maltosa) dan polisakarida (contohnya kanji dan selulosa) (De Silva dan Anderson, 1995). Karbohidrat juga merupakan sumber tenaga yang paling ekonomi dalam pemformulaan diet berbanding lipid dan protein. Namun penggunaannya tidak secara meluas seperti sumber protein dan lipid kerana ia mempunyai struktur molekul yang kompleks (Hutchins *et al.*, 1998) yang menyukarkan proses penghadaman bagi ikan.

Kebanyakan sumber karbohidrat yang disediakan dalam diet berada dalam bentuk kanji dan ia tidak disimpan dengan banyak dalam badan haiwan. Organ utama tempat penyimpanan karbohidrat ialah hati dan disimpan dalam bentuk glikogen. Jadi, penggunaan karbohidrat pada ikan bergantung kepada sistem penghadaman dan sistem metabolik yang boleh beradaptasi dengan persekitaran akuatik yang berbeza (Walton & Cowey, 1982). Secara amnya, ikan herbivor ataupun omnivor di negara temperat mampu menggunakan karbohidrat pada tahap yang tinggi iaitu mencapai 30% berbanding ikan karnivor di kawasan sejuk dan ikan marin (Wilson, 1994).

Walau bagaimanapun, sesetengah spesies ikan dapat menggunakan sumber karbohidrat dengan baik. Steffens (1989) telah berjaya membuktikan bahawa ikan rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* dapat menghadam glukosa, sukrosa dan laktosa dengan efisien iaitu melebihi 95%. Wilson dan Poe (1985) dan Wilson (1994) pula mencadangkan ikan keli boleh menggunakan karbohidrat yang mempunyai berat molekul yang tinggi seperti kanji ataupun dextrin sebagai sumber tenaga dengan lebih efektif berbanding disakarida ataupun gula ringkas yang lain. Jika dibandingkan dengan ikan lain, ikan keli boleh menggunakan karbohidrat pada tahap yang tinggi sehingga mencapai 25% iaitu penggunaannya sama seperti penggunaan sumber lipid yang merupakan sumber tenaga utama bagi ikan karnivor. Manakala Lee *et al.* (2003) mendapati ikan flounder, *Paralichthys olivaceus* mampu menggunakan karbohidrat dengan lebih efisien berbanding sumber lipid sebagai sumber tenaga.

Selain itu, penggunaan karbohidrat dalam diet juga boleh dikawal dengan memanipulasikan nisbah protein : lipid : karbohidrat mengikut keperluan nutrien yang bergantung kepada sesuatu spesies. Ini disokong dengan kajian yang dilakukan oleh Nyina-Wamwiza *et al.* (2005) di mana nisbah protein : lipid : karbohidrat yang sesuai untuk ikan pike perch, *Sander lucioperca* ialah P43:L10:C15 kerana apabila dibekalkan diet yang bernisbah lebih tinggi P50:L16:C20 tiada perbezaan yang signifikan daripada segi tumbesaran mahupun kecekapan pemakanan yang dapat dilaporkan. Jadi, bekalan karbohidrat yang mencukupi amat penting dalam mengurangkan proses katabolisme protein untuk tenaga dan proses penghasilan glukosa yang seterusnya meningkatkan penahanan protein dan mengurangkan kandungan nitrogen dalam persekitaran (Wilson, 1994).

#### **2.2.4 Vitamin**

Vitamin amat penting untuk kehidupan. Kekurangan vitamin akan menyebabkan masalah metabolik dan penyakit yang serius. Pengurangan dalam pengambilan makanan juga merupakan simptom daripada kekurangan vitamin. Ikan yang dipelihara secara percubaan dengan menggunakan makanan asas tidak menunjukkan avitaminosis tetapi ia membesar dengan lebih lambat berbanding ikan yang diberi tambahan makanan hidup atau dicampurkan dengan vitamin. Bagi memastikan ikan sihat dan bebas daripada penyakit serta bagi mendapat pertumbuhan yang teratur, vitamin seperti A, D, E, K dan B12, thiamina, riboflavin, piridoksin, asid pantetonik, asid nikotini, asid folik, cholin dan asid askorbik perlu dibekalkan dalam komposisi diet (Steffens, 1989). Walau bagaimanapun, paras kandungan vitamin yang diperlukan dalam sesuatu diet belum dapat



dikenal pasti. Jadi keperluan yang dibekalkan adalah mengambilkira keperluan minimum dan kandungan vitamin yang hilang ketika pengendalian pembuatan makanan serta kaedah penyimpanan diet kerana kandungan vitamin boleh berkurangan disebabkan oleh pemanasan atau suhu, kelembapan dan cahaya ataupun teroksidasi apabila terdedah kepada atmosfera.

### **2.2.5 Mineral**

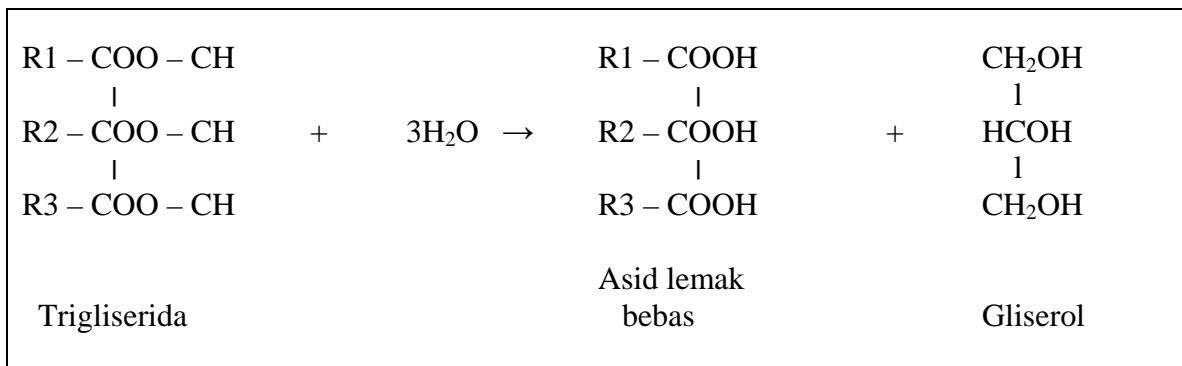
Bagi membina struktur badan yang baik, ikan memerlukan mineral sebagai sebahagian daripada proses metabolisme dan selalunya berperanan sebagai mangkin biologi bagi enzim, hormon dan protein. Selain itu, ia juga penting untuk proses osmoregulasi pada ikan. Mineral seperti kalsium dan fosforus memainkan peranan penting dalam pembentukan tulang, manakala ion pula penting untuk hemoglobin (sel darah). Mineral boleh dibahagi kepada dua kategori iaitu makro-mineral dan mikro-mineral. Keperluannya berpandukan kepada kuantiti yang terdapat di dalam diet dan badan ikan.

Selain daripada mineral yang dibekalkan dalam diet, ikan juga boleh mendapat mineral daripada air yang melalui membran insang. Dalam kes ikan marin, aktiviti biologinya adalah dengan meminum air dan mineral akan diserap daripada usus. Justeru makanan bagi ikan marin tidak perlu dibekalkan mineral yang banyak. Sebaliknya yang berlaku pada ikan air tawar, mineral perlu dibekalkan dengan secukupnya dalam diet ikan bagi menyeimbangkan makro dan mikro-mineral dalam badan ikan (Stickney, 1997).

## 2.3 Lipid dan Asid Lemak

### 2.3.1. Pengenalan Lipid

Lipid adalah komposisi tisu yang terdapat pada tumbuhan atau haiwan yang boleh diekstrak oleh sebatian bukan organik seperti eter, kloroform dan benzena. Ia merupakan komponen kedua utama di dalam diet selepas protein (Halver, 1998). Lipid wujud dalam bentuk asid lemak, trigliserida, fosfolipid, glikolipid, alkohol alifatik dan lain-lain. Bagi kebanyakan haiwan akuatik, sumber lipid yang utama di dalam diet wujud dalam bentuk trigliserida. Trigliserida terbentuk apabila tiga asid lemak bercantum dengan gliserol (**Rajah 2.2**).



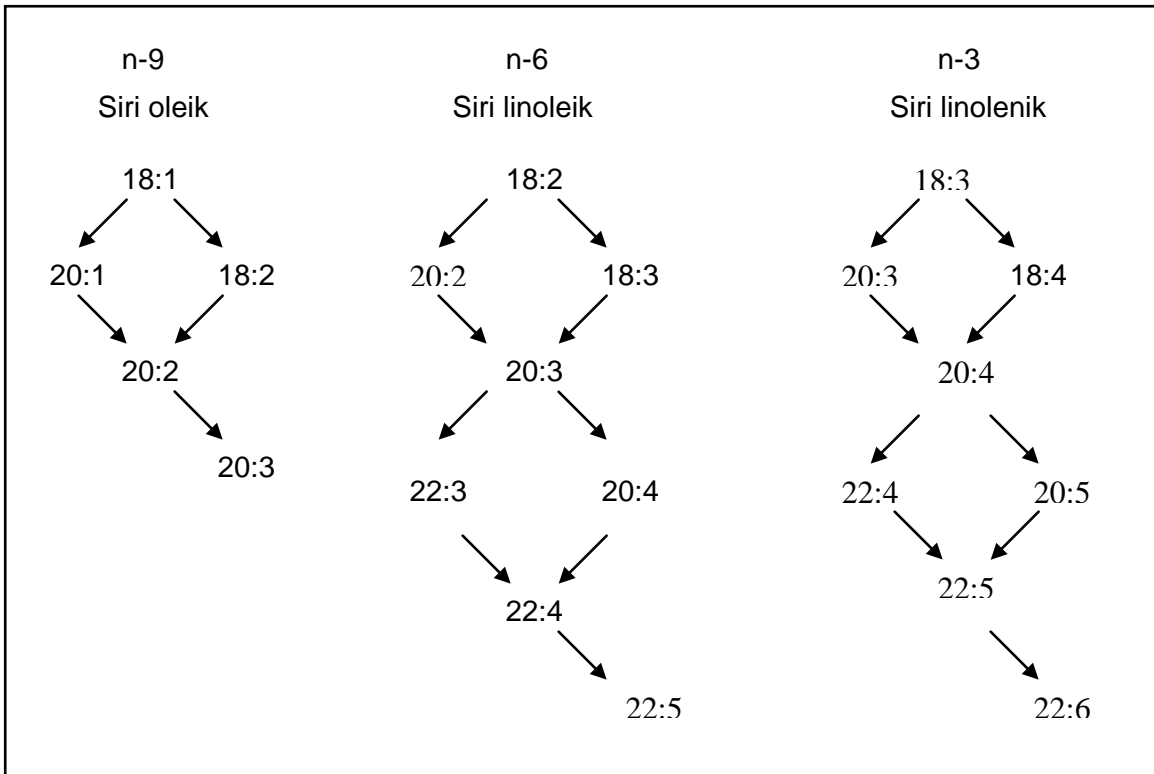
**Rajah 2.2:** Menunjukkan pembentukan molekul trigliserida melalui pencantuman asid lemak dengan gliserol (R1, R2 dan R3 merupakan asid-asid lemak yang berlainan)

Semasa proses pencernaan, enzim tertentu contohnya lipase ataupun esterase akan memecahkan asid lemak daripada molekul trigliserida melalui proses hidrolisis. Berikutan dengan penyerapan ke dalam darah, asid lemak bebas dan molekul gliserol tersebut mungkin bercantum semula untuk membentuk trigliserida yang baru. Ketiga-tiga

asid lemak bebas yang berkait dengan setiap molekul gliserol mungkin sama ataupun berbeza seperti yang ditunjukkan oleh R1, R2 dan R3 (Stickney, 1994; Rajah 2.2).

Unsur-unsur utama yang terdapat di dalam asid lemak ialah karbon, hidrogen dan oksigen dan merupakan molekul tidak bercabang yang mempunyai nombor atom karbon yang genap (4 sehingga 22 atom karbon). Terdapat lebih 40 jenis asid lemak yang wujud dalam keadaan semulajadi (Millamena, 1989) dan boleh diklasifikasikan kepada tiga kategori iaitu asid lemak tepu, mono tak tepu dan poli tak tepu. Asid lemak tepu tidak mempunyai ikatan ganda dua, manakala asid lemak tak tepu mungkin mempunyai satu (mono tak tepu) atau lebih (poli tak tepu) ikatan ganda dua. Asid-asid lemak poli tak tepu (PUFA) pula boleh dibahagikan kepada tiga famili iaitu asid oleik ( $\omega$ -9), asid linoleik ( $\omega$ -6) dan asid linolenik ( $\omega$ -3). Tidak seperti haiwan yang lain, ikan dapat melakukan proses penyahtepuan dan pemanjangan pada asid lemak. Contohnya, ikan rainbow trout, *Salmo gairdneri* didapati boleh memanjangkan dan menyahtepukan siri asid lemak oleik (C18:1n-9), linoleik (C18:2n-6) dan linolenik (C18:3n-3) (NRC, 1973; Rajah 2.3).

Selain itu, C18:3n-3 boleh ditukar kepada C20:5n-3, C22:5n-3 dan C22:6n-3, tetapi C18:3n-3 tidak boleh menghasilkan C18:2n-6 atau asid-asid lemak dalam siri oleik atau linoleik. Walau bagaimanapun, kebolehan memanjangkan siri asid lemak ini berbeza antara spesies (Turchini *et al.*, 2006).



**Rajah 2.3:** Tapak metabolisme asid lemak rainbow trout, *Salmo gairdneri* (NRC, 1973)

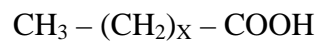
Lipid juga penting dalam menentukan rasa (palatability) pada ikan dan telah dibuktikan pada ikan trout. Johansson *et al.* (1995) menyatakan bahawa lipid penting dalam mengekalkan rasa dan tekstur ikan tersebut. Kenyataan ini disokong oleh Chaiyapechara *et al.* (2003), beliau menyatakan bahawa kandungan lipid dalam diet akan meningkatkan kestabilan pelet di dalam air.

### 2.3.2 Jenis-jenis Asid Lemak

Asid lemak merupakan rantaian atom karbon lurus, biasanya mempunyai bilangan atom karbon yang genap dan kadangkala mempunyai ikatan ganda dua. Asid lemak yang tidak terdapat ikatan ganda dua dikenali sebagai asid lemak tepu. Bagi rantaian yang mempunyai hanya satu ikatan ganda dua dipanggil sebagai asid lemak mono tak tepu (MUFA), manakala rantaian yang mempunyai lebih daripada dua ikatan ganda dua pula dipanggil asid lemak poli tak tepu (PUFA). Kebanyakan haiwan daratan memerlukan  $\omega 6$ , manakala haiwan akuatik lebih cenderung keperluannya terhadap  $\omega 3$  PUFA dan kadangkala kedua-dua kumpulan  $\omega 3$  dan  $\omega 6$ . Pada tisu ikan, asid lemak wujud secara signifikan dalam bentuk fosfolipid dan glikolipid (Borlongan & Benitez, 1992).

#### Asid Lemak Tepu

Asid lemak tepu (SFA) dapat dikenalpasti apabila hanya terdapat ikatan tunggal pada atom-atom karbon seperti yang ditunjukkan di bawah:



Rantaian asid lemak tepu

(a)

X = bilangan ikatan ganda dua dalam rantaian hidrokarbon

Contoh asid lemak tepu (SFA) ialah asid palmitik (C16:0) dengan struktur kimianya  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ . SFA yang sering dijumpai adalah di antara 12 kepada 22 atom karbon. Walau bagaimanapun, SFA yang bermula dari atom 2 karbon kepada atom

karbon yang lebih panjang dari 30 juga telah dilaporkan. SFA seperti asid etanoik, propanoik, butanoik dan heksanoik berada dalam kategori ini. Rantaian bercabang asid lemak biasanya dijumpai dalam bakteria, lemak mentega dan lipid kulit. Mereka wujud pada konsentrasi yang rendah dalam lemak haiwan dan sesetengah minyak haiwan marin.

### **Asid Lemak Tak Tepu**

Asid lemak tak tepu ialah asid lemak yang mempunyai satu atau lebih ikatan ganda dua dalam sesuatu rantaian. Berdasarkan bilangan ikatan ganda dua, asid lemak tak tepu boleh dibahagi kepada tiga kumpulan iaitu asid lemak mono tak tepu (MUFA) yang mempunyai hanya satu ikatan ganda dua dan asid lemak poli tak tepu (PUFA) yang mempunyai ikatan ganda dua antara dua hingga empat manakala asid lemak tinggi tak tepu (HUFA) mengandungi ikatan ganda dua yang melebihi empat. Beberapa contoh asid lemak tak tepu yang penting dalam nutrien ikan disenaraikan di Jadual 2.1 manakala struktur bagi rantaian asid lemak tak tepu ditunjukkan seperti di bawah:



Rantaian asid lemak tak tepu

(b)

X = bilangan ikatan ganda dua dalam rantaian hidrokarbon

Asid lemak tak tepu lebih reaktif secara kimia berbanding dengan asid lemak tepu disebabkan oleh kehadiran ikatan ganda dua di dalam rantaian. Kereaktifan meningkat apabila bilangan ikatan ganda dua meningkat. Panjang rantaian dan darjah

ketidaktepuan (bilangan ikatan ganda dua) akan mengenalpasti ciri-ciri fizikal dan kimia sesuatu asid lemak tersebut. Asid lemak tak tepu mempunyai tahap pencairan yang rendah dan wujud dalam keadaan minyak pada suhu bilik.

**Jadual 2.1:** Asid lemak tak tepu (Belitz dan Grosch, 1987)

<b>Nama Sistematik</b>	<b>Nama Am</b>	<b>No. Karbon</b>	<b>Bil. Ikatan gandadua</b>	<b>Takat lebur (°C)</b>
9-dekenoik	Kaproleik	10	1	-
9-dodekenoik	Lauroleik	12	1	-
9-tetradekenoik	Miristoleik	14	1	18.5
9-heksadekenoik	Palmitoleik	16	1	-
9-oktadekenoik	Oleik	18	1	16.3
9,12-oktadekadienoik	Linoleik	18	2	-6.5
9,12,15-oktadekatrienoik	Linolenik	18	3	-12.8
9-eikosenoik	Gadoleik	20	1	-
5,8,11,14-eikosatetraenoik	Arakidonik	20	4	-49.5
5,8,11,14,17-eikosapentaenoik	EPA	20	5	-
13-dokosenoik	Erukik	22	1	33.4
4,7,10,13,16,19-dokosaheksaenoik	DHA	22	6	-

Asid lemak MUFA yang paling dominan ialah asid oleik (C18:1n-9) yang terdapat dalam semua lipid haiwan dan tumbuhan. Asid palmitoleik (C16:1n-9) pula hadir dalam kebanyakan minyak bijian. Asid lemak poli tak tepu seperti asid-asid linoleik (C18:2n-6), linolenik (C18:3n-3), arakidonik (C20:4n-6), eikosapentaenoik (EPA, C20:5n-3) dan dokoheksaenoik (DHA, C22:6n-3) diberi penekanan kerana ia mempunyai kepentingan di dalam nutrisi. Minyak sayuran merupakan sumber utama asid linoleik (C18:2n-6) dan asid linolenik (C18:3n-3). Minyak ikan merupakan sumber utama asid lemak  $\omega$ 3 PUFA kerana mengandungi kuantiti pelbagai rantaian asid lemak yang mempunyai tiga atau lebih ikatan ganda dua termasuklah EPA dan DHA.

Asid lemak tak tepu memainkan peranan penting dalam pengangkutan lipid lain. Beberapa kajian telah menunjukkan pengambilan PUFA dapat mengurangkan kandungan kolesterol di dalam haiwan dengan di atas paras lipid darah dan kolesterol yang normal. Pada kebiasaannya minyak ikan lebih efektif dalam mengurangkan paras kolesterol berbanding sumber-sumber lipid yang lain. Cecair asid lemak akan diserap pada mukosa usus yang diangkut dalam bentuk kompleks lipid-protein yang distabilkan oleh fosfolipid. Suhu badan ikan yang rendah berkemungkinan menyebabkan penggunaan ketidaktepuan dalam pengangkutan lipid lebih penting berbanding haiwan homeotermik yang lain.



### 2.3.3 Keperluan Asid Lemak Perlu (EFA) dalam Ikan

Di samping membekalkan sumber tenaga dalam aktiviti metabolisme, lipid juga merupakan sumber kepada asid lemak iaitu sebagai pembekal utama kepada rantaian panjang C<sub>20</sub> dan C<sub>22</sub> asid lemak tinggi tak tepu (HUFA), arakidonik (20:4n-6), eikosapentanoik (C<sub>20</sub>:5n-3) dan dokosaheksanoik (C<sub>22</sub>:6n-3) yang penting kepada kesihatan haiwan vertebrata kelas tinggi dan seterusnya bermanfaat kepada diet manusia. Kebanyakan sumber lipid dalam diet adalah tersedia untuk diserap ke dalam sel badan. Trigliserida akan berkurangan dalam tisu adipos apabila lemak digunakan sebagai sumber kalori (tenaga). Manakala badan boleh menghasilkan asid lemak tepu dan tak tepu dengan menukarkan asid-asid lemak yang lain ataupun dengan mensintesis sumber tenaga yang lain seperti protein dan karbohidrat. Walau bagaimanapun, sesetengah PUFA seperti asid linoleik dan asid linolenik tidak boleh disintesis sendiri, ia perlu dibekalkan di dalam diet makanan. Asid lemak ini dikenali sebagai asid lemak perlu (EFA) (Watanabe, 1982). Sila rujuk Jadual 2.2.

Secara umumnya, ikan marin memerlukan  $\omega$ 3 HUFA untuk perkembangan tumbesaran, tetapi bagi ikan air tawar termasuklah tilapia memerlukan asid lemak  $\omega$ 6 (Rodriguez *et al.*, 1997). Tambahan lagi, sesetengah spesies ikan sahaja yang mampu untuk memanjangkan dan menyahtepukan asid lemak C<sub>18</sub> kepada asid lemak  $\omega$ 3 HUFA yang lebih kompleks (Ibeas *et al.*, 1996; Turchini *et al.*, 2006). Kelebihan ini terdapat pada ikan air tawar yang boleh memanjangkan dan menyahtepukan asid lemak (contohnya C<sub>18</sub>:3n-3 kepada HUFA) dan sebaliknya berlaku pada ikan marin (Yone, 1982). Oleh sebab itu, asid lemak HUFA seperti C<sub>20</sub>:5n-3 dan C<sub>22</sub>:6n-3 biasanya dibekalkan dalam diet ikan marin.