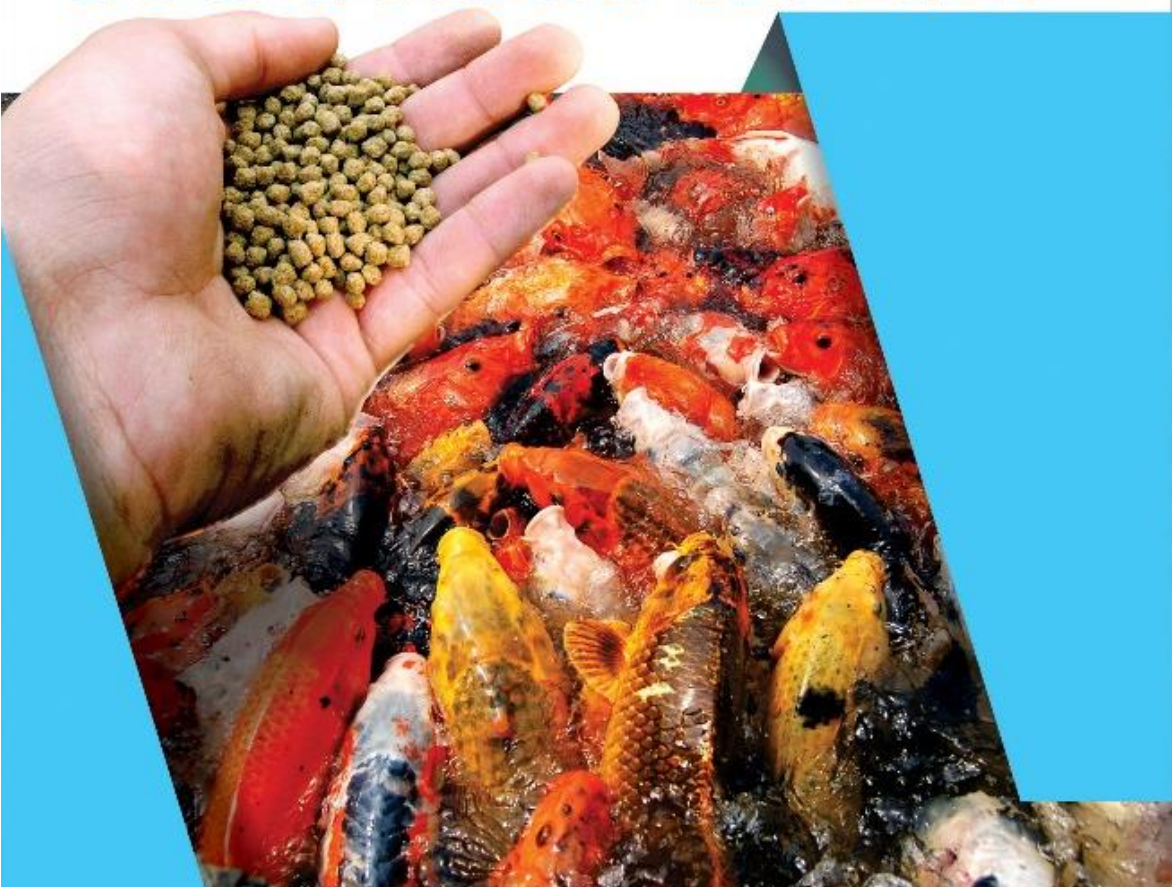




Fakultas  
**PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

BUKU AJAR

# NUTRISI IKAN



Disusun oleh:  
**Dr. Ir. Subandiyono, M.App.Sc.**  
**Dr. Ir. Sri Hastuti, M.Si.**



**Diterbitkan oleh:**  
Lembaga Pengembangan Dan Penjaminan Mutu Pendidikan  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
ISBN : 978-602-1065-34-1



# **BUKU AJAR**

# **NUTRISI IKAN**

Mata Kuliah : Nutrisi Ikan

Program Studi : Budidaya Perairan

Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

**Disusun oleh:**  
**Dr. Ir. Subandiyono, M.App.Sc.**  
**Dr. Ir. Sri Hastuti, M.Si.**

LEMBAGA PENGEMBANGAN DAN PENJAMINAN MUTU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2016

# BUKU AJAR

## NUTRISI IKAN

**Disusun oleh:**

Dr. Ir. Subandiyono, M.App.Sc.

Dr. Ir. Sri Hastuti, M.Si

|               |   |                             |
|---------------|---|-----------------------------|
| Mata Kuliah   | : | Nutrisi Ikan                |
| SKS           | : | 3 SKS                       |
| Semester      | : | 4                           |
| Program Studi | : | Budidaya Perairan           |
| Fakultas      | : | Perikanan dan Ilmu Kelautan |



**Diterbitkan oleh:**

Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan

UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

Jl. Imam Barjo, SH No. 1 Semarang

246 hal + xiv

ISBN: 978-602-1065-34-1

Revisi II, Tahun 2016

**Dicetak oleh:**

CATUR KARYA MANDIRI

Jl. Mangga VI No. 71, Semarang

Telp. : (024) 8419620

Email : info@mycrebo.com

Isi diluar tanggung jawab percetakan

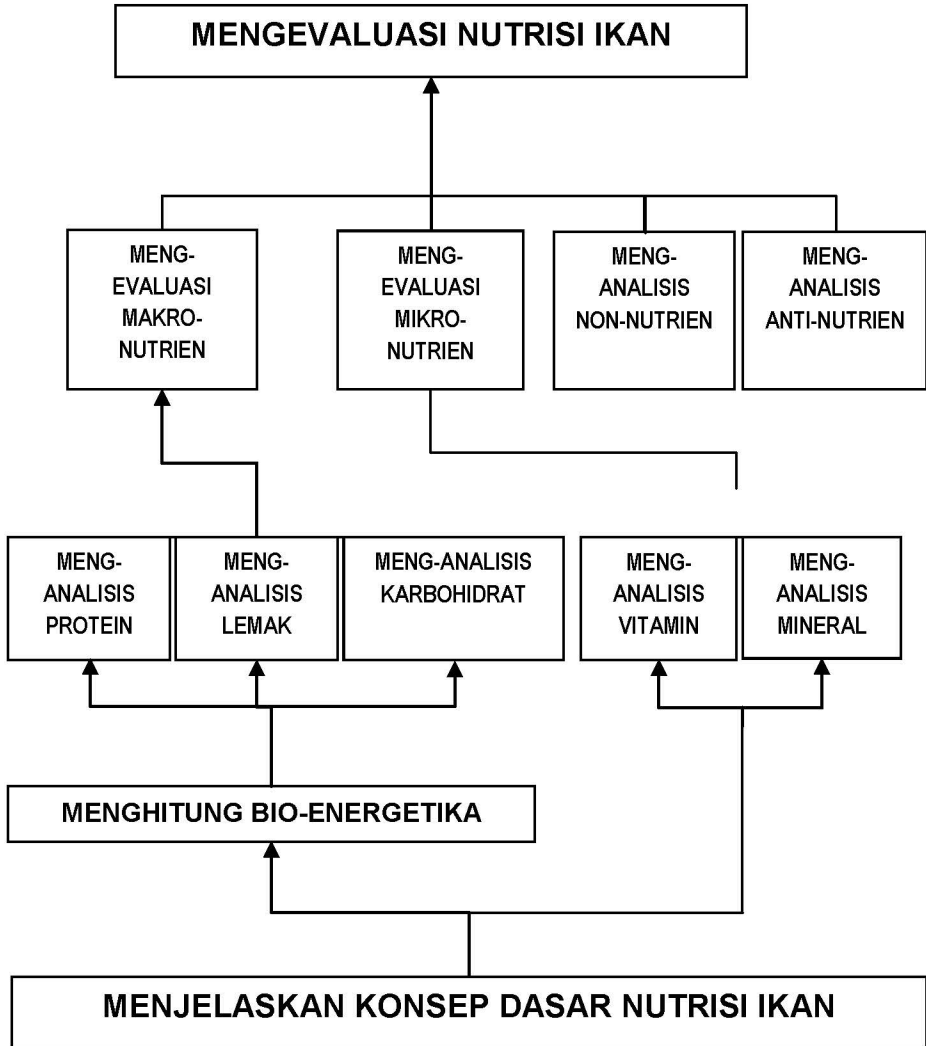
---

Diizinkan menyitir atau menggandakan isi buku ini dengan memberikan apresiasi sebagaimana kaidah yang berlaku

Buku ini kami dedikasikan kepada ke dua ananda tercinta,  
Sandi Sutopo Aribowo, SSi. dan Anggit Gusti Nugraheni

Juga, kepada mahasiswa Budidaya Perairan,  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Diponegoro

# ANALISIS PEMBELAJARAN



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT., karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya maka penyusunan buku ajar Nutrisi Ikan ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku ajar ini berisi informasi tentang konsep dasar kebutuhan nutrisi untuk berbagai jenis ikan secara umum hingga penerapannya pada penyusunan pakan ikan budidaya.

Buku ajar ini disusun atas prakarsa Direktorat Pengembangan Pembelajaran dan Kerjasama Akademik (DP2KA)-Universitas Diponegoro. Buku ajar ini diharapkan dapat memperkaya bahan bacaan tentang Nutrisi Ikan, khususnya bagi mahasiswa dan dosen Perikanan UNDIP maupun perguruan tinggi lainnya. Materi yang disajikan berdasarkan pada topik-topik yang pernah dipelajari, diajarkan, dan diteliti Penulis sejak tahun 1988.

Bahan bacaan yang membahas tentang kebutuhan nutrisi untuk ikan secara umum telah banyak diterbitkan, baik dalam bahasa asing maupun dalam bahasa Indonesia. Namun, buku ajar untuk mata kuliah Nutrisi Ikan yang disajikan dengan mengikuti standar penulisan menurut program Pelatihan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional dan Applied Approach (PEKERTI-AA) masih sangat terbatas, khususnya yang tertuang dalam bahasa Indonesia.

Dengan hadirnya buku ajar ini diharapkan para pembaca, terutama mahasiswa dan dosen, yang berminat pada bidang nutrisi ikan dengan lebih mudah dapat memahami mekanisme perjalanan dan pemanfaatan baik makro maupun mikro-nutrien serta energi nutrisi pada ikan maupun organisme akuatik lainnya. Buku ini juga mengungkapkan berbagai faktor yang berpengaruh terhadap nilai kualitas pakan. Pemahaman yang dimaksud berkaitan erat dengan konsep-konsep manajemen pakan serta pemberiannya dalam budidaya ikan.

Revisi terus dilakukan Penulis guna penyempurnaan isi maupun tampilan buku ajar ini. Revisi I dilakukan terhadap desain cover, ukuran buku, dan penambahan materi bahasan mengenai mikro-nutrien (yaitu vitamin dan mineral), non-nutrien, serta anti-nutrien. Revisi II dilakukan terhadap bagan alir (flow chart) Analisis Pembelajaran, perubahan jenis dan ukuran font, serta penambahan indeks dan biografi Penulis pada bagian belakang buku ini. Indeks merupakan kata kunci penting bagi pembaca sehingga lebih mudah dapat menemukan informasi yang mendalam pada buku ajar ini.

Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Pengembangan Pembelajaran dan Kerjasama Akademik (DP2KA)-UNDIP yang telah membantu dalam perbaikan hingga penerbitan buku ajar ini. Terima kasih disampaikan juga kepada tim pengampu mata kuliah Nutrisi Ikan program studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, FPIK-UNDIP yang telah memberikan kepercayaan serta kesempatan kepada Penulis untuk menyusun buku ajar ini. Penulis juga sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung demi penyelesaian penulisan buku ajar ini.

Akhirnya, semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa perikanan dan kalangan pembaca yang lebih luas terutama bagi mereka yang membutuhkan.

Aamiin .....

Penulis

Email: [s\\_subandiyono@yahoo.com](mailto:s_subandiyono@yahoo.com)  
[hastuti\\_hastuti@yahoo.com](mailto:hastuti_hastuti@yahoo.com)

# DAFTAR ISI

|   | Halaman   |
|---|-----------|
| ANALISIS PEMBELAJARAN .....                         | iv        |
| KATA PENGANTAR .....                                | v         |
| DAFTAR ISI .....                                    | vii       |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xi        |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xiii      |
| <b>A. TINJAUAN MATA KULIAH .....</b>                | <b>1</b>  |
| I. Deskripsi Singkat .....                          | 1         |
| II. Relevansi .....                                 | 4         |
| III. Kompetensi .....                               | 7         |
| 1. Standar Kompetensi .....                         | 7         |
| 2. Kompetensi Dasar .....                           | 8         |
| 3. Indikator .....                                  | 8         |
| <b>B. KONSEP DASAR NUTRISI IKAN .....</b>           | <b>15</b> |
| I. Peran Nutrisi pada Budidaya Ikan .....           | 15        |
| 1. Pendahuluan .....                                | 15        |
| 2. Penyajian .....                                  | 16        |
| 3. Penutup .....                                    | 22        |
| Daftar Pustaka .....                                | 25        |
| Senarai .....                                       | 26        |
| II. Kebutuhan Nutrien .....                         | 26        |
| 1. Pendahuluan .....                                | 26        |
| 2. Penyajian .....                                  | 27        |
| 3. Penutup .....                                    | 32        |
| Daftar Pustaka .....                                | 35        |
| Senarai .....                                       | 35        |
| III. Tingkah Laku Makan dan Sistem Pencernaan ..... | 36        |
| 1. Pendahuluan .....                                | 36        |
| 2. Penyajian .....                                  | 37        |
| 3. Penutup .....                                    | 50        |
| Daftar Pustaka .....                                | 53        |
| Senarai .....                                       | 53        |

|  |     |
|--|-----|
| C. BIO-ENERGETIKA .....                    | 54  |
| I. Energi.....                             | 54  |
| 1. Pendahuluan.....                        | 54  |
| 2. Penyajian .....                         | 55  |
| 3. Penutup .....                           | 58  |
| Daftar Pustaka .....                       | 61  |
| Senarai.....                               | 62  |
| II. Aliran dan Pemanfaatan Energi .....    | 62  |
| 1. Pendahuluan.....                        | 62  |
| 2. Penyajian .....                         | 64  |
| 3. Penutup .....                           | 74  |
| Daftar Pustaka .....                       | 79  |
| Senarai.....                               | 79  |
| III. Kebutuhan Energi .....                | 80  |
| 1. Pendahuluan.....                        | 80  |
| 2. Penyajian .....                         | 81  |
| 3. Penutup .....                           | 87  |
| Daftar Pustaka .....                       | 92  |
| Senarai .....                              | 93  |
| D. PROTEIN .....                           | 94  |
| I. Pengertian Protein dan Asam Amino.....  | 94  |
| 1. Pendahuluan.....                        | 94  |
| 2. Penyajian .....                         | 95  |
| 3. Penutup .....                           | 105 |
| Daftar Pustaka .....                       | 110 |
| Senarai.....                               | 110 |
| II. Kebutuhan Protein dan Asam Amino ..... | 111 |
| 1. Pendahuluan.....                        | 111 |
| 2. Penyajian .....                         | 112 |
| 3. Penutup .....                           | 120 |
| Daftar Pustaka .....                       | 126 |
| Senarai .....                              | 127 |
| E. LEMAK .....                             | 128 |
| I. Pengertian Lemak dan Asam Lemak.....    | 128 |
| 1. Pendahuluan.....                        | 128 |

|     |                                       |     |
|-----|---------------------------------------|-----|
| 2.  | Penyajian .....                       | 130 |
| 3.  | Penutup .....                         | 140 |
|     | Daftar Pustaka .....                  | 147 |
|     | Senarai.....                          | 147 |
| II. | Kebutuhan Lemak dan Asam Lemak.....   | 148 |
| 1.  | Pendahuluan.....                      | 148 |
| 2.  | Penyajian .....                       | 150 |
| 3.  | Penutup .....                         | 155 |
|     | Daftar Pustaka .....                  | 159 |
|     | Senarai .....                         | 160 |
| F.  | KARBOHIDRAT .....                     | 161 |
| I.  | Pengertian Karbohidrat.....           | 161 |
| 1.  | Pendahuluan.....                      | 161 |
| 2.  | Penyajian .....                       | 162 |
| 3.  | Penutup .....                         | 176 |
|     | Daftar Pustaka .....                  | 180 |
|     | Senarai.....                          | 181 |
| II. | Peran dan Kebutuhan Karbohidrat ..... | 182 |
| 1.  | Pendahuluan.....                      | 182 |
| 2.  | Penyajian .....                       | 183 |
| 3.  | Penutup .....                         | 197 |
|     | Daftar Pustaka .....                  | 204 |
|     | Senarai .....                         | 205 |
| G.  | MIKRO-NUTRIEN .....                   | 206 |
| I.  | Vitamin .....                         | 206 |
| 1.  | Pendahuluan.....                      | 206 |
| 2.  | Penyajian .....                       | 207 |
| 3.  | Penutup .....                         | 216 |
|     | Daftar Pustaka .....                  | 217 |
| II. | Mineral .....                         | 218 |
| 1.  | Pendahuluan.....                      | 218 |
| 2.  | Penyajian .....                       | 219 |
| 3.  | Penutup .....                         | 226 |
|     | Daftar Pustaka.....                   | 227 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| H. NON-NUTRIEN DAN ANTI-NUTRIEN ..... | 228 |
| I. Non-Nutrien .....                  | 228 |
| 1. Pendahuluan.....                   | 228 |
| 2. Penyajian .....                    | 229 |
| 3. Penutup .....                      | 233 |
| Daftar Pustaka .....                  | 234 |
| II. Anti-nutrien .....                | 234 |
| 1. Pendahuluan.....                   | 234 |
| 2. Penyajian .....                    | 236 |
| 3. Penutup .....                      | 239 |
| Daftar Pustaka .....                  | 240 |
| <br>                                  |     |
| INDEKS .....                          | 241 |
| BIOGRAFI PENULIS .....                | 245 |

## DAFTAR TABEL

| No.  |  | Halaman |
|------|--|---------|
| B.1. | Perbandingan Konversi Pakan ( <i>Feed Conversion Rasio, FCR</i> ) dari Berbagai Jenis Hewan Penghasil Daging ..... | 18      |
| B.2. | Struktur Sistem Pencernaan dan Fungsinya .....   | 45      |
| B.3. | Makanan dan Kebiasaan Makan Beberapa Jenis Ikan Terseleksi.....  | 46      |
| D.1. | Berbagai Jenis Asam Amino yang Umum Terdapat dalam Protein .....   | 99      |
| D.2. | Berbagai Tingkat Kebutuhan Protein dalam Pakan Buatan untuk Ikan pada Berbagai Tahap Pertumbuhan....               | 115     |
| D.3. | Kebutuhan Asam Amino untuk Ikan menurut NRC.....   | 118     |
| E.1. | Berbagai Jenis Asam Lemak secara Umum.....   | 133     |
| E.2. | Klasifikasi Asam Lemak Tidak Jenuh (PUFA) .....  | 134     |
| E.3. | Asam Lemak Utama dalam Lemak Ikan .....  | 135     |
| E.4. | Pengaruh Suhu Media Budidaya terhadap Komposisi Asam Lemak <i>Palaemon serratus</i> .....                          | 137     |
| E.5. | Pengaruh Pakan terhadap Komposisi Asam Lemak <i>Penaeus setiferus</i> .....  | 138     |
| E.6. | Petunjuk untuk Kandungan Lemak dalam Pakan Ikan .....  | 151     |
| E.7. | Kebutuhan Asam Lemak Esensial untuk Ikan .....   | 153     |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| E.8. | Komposisi Asam Lemak Pakan Uji .....  | 154 |
| F.1. | Komposisi berbagai Komponen Molekular Sel .....   | 165 |
| F.2. | Klasifikasi Karbohidrat .....   | 167 |
| H.1. | Berbagai Komponen Anti-Nutrien yang Dapat Dijumpai dalam Bahan Penyusun Pakan, Sumber Asal, Pengaruh, serta Pencegahannya ..... | 237 |
| H.2. | Berbagai Jenis Kontaminan Pakan dari Proses-Proses Alamiah dan Kontaminasi Lingkungan, Pengaruh, dan Pencegahannya .....        | 238 |

## DAFTAR GAMBAR

| No.  |  | Halaman |
|------|--|---------|
| A.1  | Berbagai Faktor yang Mempengaruhi dan Menentukan agar Pakan Ikan dapat Dinyatakan sebagai Pakan yang Berkualitas. ....   | 6       |
| B.1. | Nutrisi Ikan dan Budidaya Perikanan .....  | 20      |
| B.2. | Proses-Proses Makan pada Ikan .....  | 39      |
| B.3. | Sistem Pencernaan Ikan .....   | 44      |
| B.4. | Bentuk dan Struktur Alat Makan Berbagai Jenis Ikan dengan Kebiasaan Makan yang Berbeda .....   | 48      |
| C.1. | Aliran Energi (Energy Flow) Ideal dari Suatu Energi melalui Sistem Hewan .....   | 64      |
| C.2. | Pemasukan Energi dan Distribusi Pemanfaatannya Diantara Proses-Proses yang Membutuhkan Energi .....  | 66      |
| D.1. | Struktur Umum Asam Amino .....   | 98      |
| F.1. | The Weende Proximate Analyses .....  | 175     |
| F.2. | Proses Umum Perjalanan Karbohidrat dan Berbagai Nutrien Lainnya beserta Penggunaannya dalam Tubuh Ikan .....   | 185     |
| F.3. | Transformasi Energi Karbohidrat melalui Proses Glikolisis dan yang dihasilkan pula piruvat. Asetil CoA merupakan molekul antara bagi karbohidrat, protein, dan lemak untuk dapat memasuki siklus Krebs (TCA) ..... | 190     |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| F.4. | Asetil CoA Setelah Memasuki Siklus Krebs dan Berikatan dengan Proses Fosforilasi Oksidatif Menghasilkan CO <sub>2</sub> dan ATP .....  | 191 |
| F.5. | Serangkaian Reaksi pada Proses Glikolisis yang Bersifat Bolak-Balik ( <i>Reversible Embden-Meyerhof Pathway</i> ) .....                | 192 |
| G.1. | Skema Penentuan Uji Kebutuhan Vitamin secara Kualitatif .....  | 212 |
| G.2. | Skema Penentuan Uji Kebutuhan Vitamin secara Kuantitatif .....   | 213 |
| G.3. | Skema Prosedur Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria dan Gejala Bio-Fisiologis yang Ditimbulkan Pakan Uji terhadap Ikan Uji ..... | 214 |
| G.4. | Skema Respons Hewan terhadap Dosis Mineral dalam Pakan .....   | 222 |

## C. BIO-ENERGETIKA

### I. ENERGI

#### 1. Pendahuluan

##### 1.1. Deskripsi Singkat

Energi bukanlah nutrisi, namun energi dilepaskan waktu proses pemecahan (oksidasi metabolik) dari karbohidrat, asam amino dan lemak. Energi adalah suatu abstraksi yang mana dapat diukur hanya bila telah diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Makna dari satuan kalori dijelaskan pada bagian akhir dari sub-pokok bahasan ini.

##### 1.2. Relevansi

Materi yang berkaitan dengan bio-energetika akan lebih mudah dipahami apabila mahasiswa telah membaca dan memahami Konsep Dasar Nutrisi Ikan sebagaimana dijelaskan pada Pokok Bahasan I. Pada Pokok Bahasan III, IV, dan V akan dijelaskan berbagai sumber energi penting, terkait dengan konsep bio-energetika untuk ikan. Oleh karena itu, pemahaman tentang energi sebagaimana dijabarkan dalam Sub-Pokok Bahasan I ini menjadi landasan penting untuk pemahaman materi selanjutnya.

##### 1.3. Kompetensi

###### 1.3.1. Standar Kompetensi

Pada akhir penyampaian materi kuliah 'Energi' ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan kembali hukum dan konsep dasar energi, terutama keterkaitannya dengan sub-sistem biologi ikan.

###### 1.3.2. Kompetensi Dasar

Setelah diberikan materi ini, mahasiswa semester IV PS. Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan hendaknya mampu:

- a. mendefinisikan kembali hukum termodinamika;
- b. merumuskan kembali hukum termodinamika pertama pada sistem hewan; serta
- c. menguraikan kembali pengertian dan cara atau metode penentuan nilai 1gram kalori;

## **2. Penyajian**

### **2.1. Uraian**

Energi yang masuk ke dalam tubuh suatu hewan dibagi berdasar berbagai fungsinya di dalam tubuh hewan. Terdapat banyak tempat dimana energi hilang diantara energi yang masuk maupun produk yang bermanfaat. Kehilangan terjadi sebagai produk mudah terbakar dan sebagai panas. Tujuan akhir dari produser ikan adalah untuk menjaga kehilangan serendah mungkin dan karena itu memperoleh hasil akhir maksimum dari suatu produk yang bermanfaat.

Energi adalah suatu abstraksi yang mana dapat diukur hanya bila telah diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu kerja. Kerja adalah suatu kekuatan menggerakkan melewati suatu jarak. Dalam artian secara biologis, kerja tidak saja aktivitas otot yang berkaitan dengan pergerakan secara fisik, tetapi juga meliputi energi untuk mengantarkan reaksi-reaksi kimia yang dibutuhkan untuk membangun jaringan yang baru, mempertahankan keseimbangan osmotik dan garam, menyimpan dan mengekskresi air, memindahkan molekul-molekul melawan gradien konsentrasi, dan masih banyak lagi reaksi-reaksi yang membutuhkan energi yang membuat hidup menjadi mungkin.

Terdapat sekitar 40 jenis nutrien esensial yang harus dimasukkan ke dalam pakan ikan. Nutrien-nutrien tersebut dibahas dalam bagian-bagian lain dari buku ini. Bagian tersebut mempertimbangkan berbagai bahan dalam pakan ikan yang mensuplai

energi yang dibutuhkan oleh hewan dan beberapa aspek bagaimana ikan menggunakan energi turunannya. Buku ini bukanlah dimaksudkan sebagai review lengkap dari energetika ikan, tetapi difokuskan pada suatu prinsip yang mana dapat diterapkan untuk nutrisi dan pemberian pakan ikan-ikan peliharaan. Beberapa metode mengenai bagaimana nilai energi dari berbagai bahan pakan diperkirakan akan dibahas. Penekanan pertama akan dilakukan pada aspek-aspek energetika yang berkenaan dengan nutrisi ikan yang diberi pakan komersial atau buatan dalam fasilitas-fasilitas pemeliharaan ikan. Beberapa perbandingan dari efisiensi energetika dari ikan dengan hewan-hewan lain akan disajikan.

#### A. *Persamaan Energi.*

Hukum termodinamika pertama, yaitu hukum kekekalan energi, memerlukan bahwa:

$$IE = FE + GE + UE + ZE + SE + HE + RE$$

Dimana IE adalah total energi dalam pakan yang dikonsumsi (*intake energy*), FE adalah energi yang terbuang melalui feses (*fecal energy*), GE adalah energi yang terbuang melalui gas yang mudah terbakar (*combustible gaseous energy*), UE adalah energi yang terbuang melalui urin (*urinary energy*), ZE adalah energi yang terbuang melalui insang (*gill energy*), SE adalah energi yang hilang melalui permukaan tubuh (*surface energy*), HE adalah total produksi panas yang diproduksi (*heat energy production*), dan RE adalah energi yang diperoleh atau disimpan dalam tubuh dan merupakan energi bermanfaat (*recovered energy*). Setiap komponen pada bagian sebelah kanan dari persamaan tersebut dapat dibagi-bagi lagi menjadi berbagai bagian. Hal ini tidak merubah keabsahan dari identitas hukum tersebut. Berdasar identitas dasar tersebut diturunkan persamaan-persamaan dan definisi-definisi yang dipergunakan dalam skema distribusi energi.

$$\text{Energi Tercerna (DE)} = IE - FE$$

$$\text{Energi Termetabolisme (ME)} = IE - (FE + UE + ZE)$$

$$\text{Energi termanfaatkan (RE)} = ME - HE$$

### B. Unit Pengukuran.

Semua bentuk energi dapat diubah secara kuantitatif menjadi panas. Unit-unit panas biasanya dipergunakan untuk mengukur energi. Satu gram kalori (gkal) adalah sejumlah panas (energi) yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu satu gram air sebesar satu derajat, yaitu dari 16,5 - 17,5°C. Joule (J) telah menggantikan kalori dari unit pengukuran di beberapa negara. Joule didefinisikan dalam berbagai istilah mekanika sebagai daya yang dibutuhkan untuk mempercepat suatu massa. Joule dapat diubah menjadi 'erg' atau kalori. Konversi dari Joule ke kalori telah ditetapkan sebagai 1 gram kalori setara dengan 4,184 Joule (1 gkal = 4,184 J). Dalam pelaksanaannya, kalori dan Joule merupakan unit-unit pengali yang begitu kecil dari unit-unit yang digunakan (kkal atau kJ adalah 103 kali lebih besar). Gkal atau kkal akan dipergunakan untuk mengkuantitatifkan energi dalam bagian ini.

### 2.2. LATIHAN

Kerjakan latihan ini sebagaimana instruksi di bawah:

1. Seluruh mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Nutrisi Ikan dibagi kedalam kelompok-kelompok kecil terdiri dari 10 – 12 orang;
2. Setiap kelompok mengunjungi laboratorium nutrisi secara bergantian untuk mendapatkan penjelasan prosedur atau metode pengukuran energi total menggunakan alat bomb kalorimeter. Oleh karena itu, semua mahasiswa diharuskan membaca terlebih dahulu prosedur pengukuran energi total (*gross energy*) dari buku manapun;
3. Catat dan bandingkan dengan prosedur pengukuran yang digunakan pada alat yang akan Anda digunakan. Prosedur tersebut biasanya tertulis pada manual operasional;
4. Gambar alat tersebut dan berbagai peralatan atau bagian penting lainnya yang terlibat dalam proses pengukuran;

5. Catat bagaimana sistem alat tersebut bekerja. Catat pula bagaimana prosedur lengkap dari pengukuran energi total;
6. Buat laporan lengkap dan presentasikan di depan semua kelompok studi serta dosen pengampu;
7. Bandingkan hasil studi Anda dengan kelompok studi lainnya saat presentasi di atas guna saling melengkapi; dan
8. Buat laporan yang telah diperbaiki dan kumpulkan ke dosen pengampu.

### 3. Penutup

#### 3.1. Test Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini.

##### A. Jawaban Benar / Salah

1. Energi dapat diukur hanya bilamana telah diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain.
2. 1 kkal adalah sejumlah energi panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu 1 g air sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ , yaitu dari  $16,5 - 17,5^{\circ}\text{C}$ .

##### B. Jawaban singkat

1. Tulis rumus hukum termodinamika pertama pada sistem hewan!
2. Tulis rumus untuk menghitung jumlah energi dalam pakan yang dapat dicerna (*digestible energy*) oleh ikan!

##### C. Uraian

1. Jelaskan, apa kaitan antara *gross energy*, *digestible energy*, dan *metabolizable energy* pada sistem hewan?
2. Jelaskan, bagaimana Anda dapat menentukan besaran 1 gram kalori?.

#### 3.2. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diminta pergi ke perpustakaan untuk mencari dan menuliskan bunyi atau definisi lengkap dari hukum termodinamika pertama dan kedua. Bunyi ke dua hukum termodinamika tersebut perlu mahasiswa hapalkan dan pahami, selanjutnya akan disampaikan pada pertemuan berikutnya.

Untuk dapat melanjutkan ke Sub-Pokok Bahasan II, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi Anda yang telah lolos ke materi berikutnya!

### 3.3. Rangkuman

**E**nergi adalah suatu abstraksi yang dapat diukur hanya bila telah diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu kerja. Pada sistem hewan, hukum termodinamika pertama, yaitu hukum kekekalan energi, dijabarkan sebagai:  $IE = FE + GE + UE + ZE + SE + HE + RE$ . Setiap komponen pada bagian sebelah kanan dari persamaan tersebut dapat dijabarkan lagi menjadi berbagai bagian. Semua bentuk energi dapat diubah secara kuantitatif menjadi panas. Unit-unit panas biasanya dipergunakan untuk mengukur energi. Satu gram kalori (gcal) adalah sejumlah panas (energi) yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu satu gram air sebesar satu derajat, yaitu dari  $16,5 - 17,5^{\circ}\text{C}$ . Satu gram kalori setara dengan 4,184 Joule ( $1 \text{ gcal} = 4,184 \text{ J}$ ).

### 3.4. Kunci Jawaban Test Formatif

#### A. Jawaban Benar / Salah

1. Benar.
2. Jawab: Salah

#### B. Jawaban singkat

1. Jawab:  $IE = FE + GE + UE + ZE + SE + HE + RE$
2. Jawab:  $DE = IE - FE$ ; dimana DE adalah energi yang dapat dicerna, IE adalah energi dalam pakan yang dikonsumsi ikan, dan FE adalah energi dalam feses ikan.

#### C. Uraian

1. Jawab: *Gross energy* adalah energi kotor atau total energi yang terkandung dalam suatu bahan organik, misalnya pakan ikan. Pada sistem hewan, *gross energy* dapat diterjemahkan sebagai total energi dalam pakan yang dikonsumsi hewan tersebut (*intake energy*, IE). Sejumlah energi dari pakan tersebut yang tidak terbuang melalui feses disebut dengan energi yang dapat dicerna (*digestible energy*, DE). Sedangkan sejumlah energi dari DE yang tidak terbuang melalui urin, insang, dan permukaan kulit disebut energi yang dapat dimetabolisme (ME). Sebagaimana energi dari ME inilah yang akan tersimpan menjadi daging yang bermanfaat.
2. Jawab: 1 gram kalori dapat ditentukan dengan cara memanaskan atau meningkatkan suhu air yang memiliki berat 1 gram sebesar 1°C, yaitu dari suhu 16.5 menjadi 17.5°C.

## DAFTAR PUSTAKA/ACUAN/BACAAN ANJURAN

- Cho, C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T. 1985. *Finfish Nutrition in Asia-Methodological Approaches to Research and Development*. IDRC, Canada. 154 p.
- Groff J.L. and Gropper, S.S. 2000. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Wadsworth, Thomson Learning, USA. 584 p.
- Halver, J.E. 1972. *Fish Nutrition*. Acad. Press., New York. 713 p.
- Halver, J.E. 1989. *Fish Nutrition*. 2nd ed. Acad. Press, Inc., San Diego. 798 p.
- Halver, J.E. and Hardy, R.W. 2002. *Fish Nutrition*. 3rd ed. Acad. Press, Amsterdam. 822 p.
- Hepher, B. 1988. *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge Univ. Press. New York. 387 p.
- Lawrence, E. 1989. *Biological Terms*. 10th ed. Longman Sci. & Technical, Singapore. 645 p.
- Lovell, T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand reinhold, New York. 260 p.
- NRC. 1977. *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes*. Nation. Acad. Sci., Washington, DC., USA. 78 p.
- NRC. 1982. *Nutrient Requirements of Warmwater Aquatic Animals*. Nation. Acad. Press, Washington, DC., USA. 252 p.
- Parker, R. 2002. *Aquaculture Science*. 2nd ed. Delmar, Thomson Learning, USA. 621 p.
- Pillay, T.V.R. 1990. *Aquaculture-Principles and Practices*. Fishing News Books, Blackwell Sci. Pub. Ltd., Oxford, London. 575 p.
- Steffens, W. 1989. *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood Ltd., England. 384 p.
- Stickney, R.R. 1979. *Principles of Warmwater Aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc., Canada. 375 p.
- Tytler, P. and Calow, P. 1985. *Fish Energetics-New Perspectives*. Croom Helm, London. 349 p.
- Webster, C.D. 2002. *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Pub., USA. 448 p.

## SENARAI

Energi: kemampuan untuk melakukan kerja.

Kalori (kal atau cal) atau Joule (J): unit atau satuan energi

1 gcal = 4,184 J

## II. ALIRAN DAN PEMANFAATAN ENERGI

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Deskripsi Singkat

Sejak pakan masuk ke dalam tubuh ikan, pakan tersebut akan segera mengalami berbagai proses biologis mulai dari pemecahan secara fisik atau mekanik hingga berbagai proses enzimatik dalam saluran pencernaan menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana sebelum akhirnya masuk melalui vena porta ke dalam peredaran darah. Selanjutnya, molekul-molekul sederhana tersebut mengalami proses metabolik di dalam sel hingga dihasilkan sejumlah energi. Aliran pemanfaatan energi pakan oleh ikan sering pula disebut dengan *energy flow* atau disebut pula dengan *energy expenditure* atau *energy budget*. Sub-pokok bahasan ini juga menjelaskan berbagai metode pengukuran energi.

#### 1.2. Relevansi

Materi pada Sub-Pokok Bahasan II ini menjadi penting untuk dipahami oleh mahasiswa, terutama bagi mereka yang ingin mendalami penelitian dibidang nutrisi ikan. Konsep pemanfaatan energi pakan agar lebih efisien dijelaskan pada bagian ini. Sedangkan pada sub-pokok bahasan selanjutnya (yaitu sub-pokok bahasan III) dijelaskan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi tingkat pemanfaatan energi pakan oleh ikan.

### 1.3. Kompetensi

#### 1.3.1. Standar Kompetensi

Pada akhir penyampaian materi kuliah 'Aliran dan Pemanfaatan Energi' ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan kembali serta menerapkan konsep dasar bio-energetika dalam nutrisi ikan. Mahasiswa diharapkan mampu menjabarkan kembali proses aliran atau perjalanan energi mulai dari masuk ke dalam tubuh ikan serta bermacam bentuk pemanfaatannya.

#### 1.3.2. Kompetensi Dasar

Setelah diberikan materi ini, mahasiswa semester IV PS. Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, hendaknya mampu:

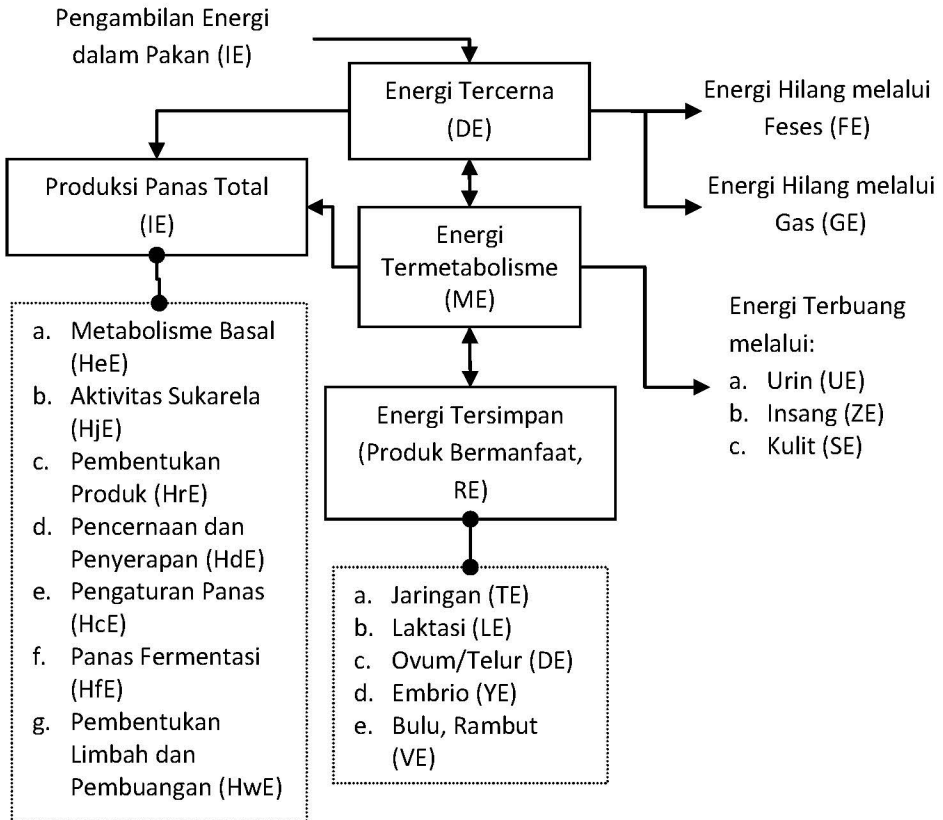
- a. mendeskripsikan kembali perbedaan makna *gross energy* dan *digestible energy*;
- b. mendeskripsikan kembali berbagai jenis energi tersimpan dan/atau terbuang;
- c. menguraikan kembali bagaimana perjalanan dan penggunaan energi pakan dalam tubuh ikan;
- d. menjelaskan kembali cara atau metode pengukuran serta menghitung *gross energy* dan *digestible energy* suatu jenis bahan pakan;
- e. menjelaskan kembali perjalanan energi (*energy flow*) pakan termasuk mekanisme pemanfaatannya (*energy budget*) dalam sistem hewan, misalnya ikan; serta
- f. merumuskan kembali serta mendemostrasikan mengapa kekurangan maupun kelebihan dalam pemberian pakan dapat menurunkan pertumbuhan, menimbulkan penyakit, atau bahkan berakibat pada kematian.

## 2. Penyajian

### 2.1. Uraian

#### A. Aliran Energi.

Alur energi ideal melalui sistem hewan diberikan pada Gambar C.1. Sistem ini berlaku untuk semua spesies hewan. Mungkin saja terdapat perbedaan secara kuantitatif dikarenakan kemampuan beberapa spesies untuk mengkonsumsi dan mencerna pakan mengandung serat yang tinggi.



Gambar C.1. Aliran Energi (*Energy Flow*) Ideal dari Suatu Energi melalui Sistem Hewan.

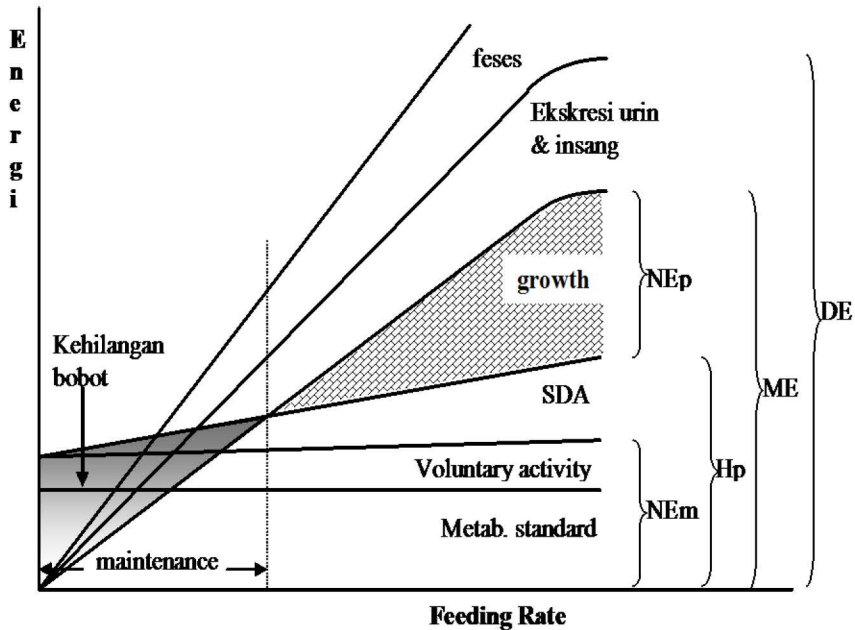
Besarnya kehilangan sebagai energi feses, energi yang hilang melalui air kencing dan insang, dan produksi panas adalah tergantung pada ransum dan tingkat pemangsaan. Keterlibatan bahan-bahan berserat dengan tingkat pencernaan yang sangat rendah akan meningkatkan kehilangan melalui energi feses. Hilangnya energi sebagai gas mudah terbakar, yang besar pada beberapa hewan, adalah sangat kecil pada ikan dan biasanya diabaikan dalam perhitungan. Energi limbah yang diekskresikan melalui air kencing atau insang menggambarkan nutrien-nutrien yang diabsorpsi yang tak dapat dimetabolismekan oleh ikan. Energi yang diperoleh adalah energi yang dikembalikan sebagai pertumbuhan dari ikan atau produk-produk seksual.

### *B. Pemanfaatan Energi.*

Energi yang masuk ke dalam tubuh hewan dibagi diantara berbagai proses yang membutuhkan energi. Besarnya masing-masing bagian tergantung pada jumlah energi yang masuk dan kemampuan ikan untuk mencerna dan menggunakan energi tersebut. Banyak data telah disarikan dan dihitung rata-rata distribusinya untuk ikan karnivora. Bagaimana bagian tersebut dapat berubah dengan perubahan-perubahan dalam pemasukan energi digambarkan pada Gambar C.2.

Tingkat pengambilan makanan (*feeding rate*) meningkat dari kiri ke kanan, yaitu dari nol ke maksimum berdasarkan pengambilan sukarela (*voluntary intake*). Garis gelap vertikal menunjukkan pengambilan pakan untuk mempertahankan tubuh (*maintenance*). Pada tingkat pengambilan pakan ke sebelah kiri dari garis tersebut maka pemasukan energi menjadi kurang dari energi yang dibutuhkan untuk *maintenance* dan terjadi kehilangan bobot. Tingkat pengambilan pakan menuju sebelah kanan dari garis tersebut merupakan peningkatan pemasukan energi ke dalam tubuh hewan (pertumbuhan). Semakin jauh tingkat pengambilan makanan berpindah ke arah kanan

semakin besar proporsi jatuhnya ke dalam daerah pertumbuhan. Seandainya mendekati pemasukan maksimum, efisiensi pencernaan pakan menurun, yang mana membatasi sejumlah tertentu dari energi yang akan menuju ke daerah pertumbuhan.



Gambar C.2. Pemasukan Energi dan Distribusi Pemanfaatannya Diantara Proses-Proses yang Membutuhkan Energi. (Modifikasi dari Smith, 1989).

Kebutuhan untuk metabolisme basal atau standar hampir konstan dan merupakan fungsi dari spesies dan temperatur. Aktivitas ekstra kemungkinan akan lebih besar pada ikan yang diberi makan dengan baik daripada ikan yang dilaparkan. Daerah tersebut meningkat sejalan dengan pengambilan pakan yang bergerak ke arah kanan. Panas metabolisme nutrisi secara kasar seimbang dengan laju pengambilan pakan sebagaimana juga ekskresi melalui air kencing dan insang. Efisiensi pencernaan menurun pada pengambilan pakan tinggi

dan lebih banyak energi diekskresi dalam feses. Diagram ini tidak dimaksudkan untuk menunjukkan besarnya bagian-bagian tersebut tetapi hanya untuk menunjukkan bagaimana tingkat pemangsaan mengubah proporsi jatuhnya kedalam masing-masing bagian. Pada sebagian besar sistem pemangsaan hewan pertumbuhan yang paling efisien adalah pada pemasukan maksimum. Hal ini tidak benar untuk sebagian besar spesies ikan. Efisiensi maksimum terjadi pada tingkat yang kurang dari pemasukan maksimum.

### C. Energi yang Hilang.

Pakan dan bahan penyusun pakan mengandung energi, namun tidak semua energi berlaku untuk pertumbuhan dan reproduksi. Energi yang hilang terjadi karena pakan dicerna dan dimetabolisme. Sejak pakan bergerak melalui proses-proses pencernaan, energi hilang dalam feses, urin, dan ekskresi melalui insang. Energi juga hilang sebagai panas. Energi yang terkandung dalam pakan hilang dalam proses-proses pencernaan dan sebagai panas serta menghasilkan energi netto yang digunakan untuk pemeliharaan, pertumbuhan, dan reproduksi. Gambar C.1 menggambarkan kehilangan energi karena total energi yang masuk (*intake or gross energy*) melepaskan energi dalam feses (*fecal energy*) menjadi energi yang dapat dicerna (*digestible energy, DE*). Selanjutnya, energi yang dapat dicerna tersebut melepaskan energi ke dalam urin (*urinary energy*) ataupun ekskresi melalui insang (*gill excretions*) menjadi energi yang dapat dimetabolisme (*metabolizable energy, ME*). Energi yang dapat dimetabolisme tersebut melepaskan energi dalam bentuk panas (*heat energy*) menjadi energi netto (*net energy*). Energi netto adalah energi yang tersedia untuk pemeliharaan, pertumbuhan, dan reproduksi. DE dan ME merupakan ukuran yang lebih tepat dari energi yang dibutuhkan oleh ikan.

Sebagaimana hewan peliharaan pada umumnya, ikan mendapatkan energinya dari 3 sumber, yaitu protein, lemak, dan

karbohidrat. Dikarenakan karbohidrat digunakan secara kurang efisien pada sebagian besar sistem ikan, maka sumber energi utama adalah protein dan lemak.

#### *D. Memperkirakan nilai energi.*

Gross energi (energi kotor) dari bahan pakan dapat diperkirakan dari komposisi kimiawinya atau dapat diukur dengan menggunakan bom kalorimeter. Analisis lemak, protein, dan abu serta menentukan karbohidrat melalui pengurangan atau perbedaan, serta perkalian dengan faktor-faktor yang sesuai akan memberikan suatu nilai pendekatan untuk nilai energi kotor. Data tersebut tidak akan sama akuratnya dengan data yang diperoleh dengan menggunakan bom kalorimeter. Kemampuan suatu spesies ikan untuk mencerna bahan tertentu harus diketahui. Digestibilitas dapat diperkirakan dari nilai rata-rata, atau dapat diukur secara langsung melalui pengumpulan secara kuantitatif dari hasil ekskresi, atau secara tidak langsung dengan menggunakan beberapa jenis petanda (*marker*) yang ada di dalam pakan. Ke dua metode tersebut seharusnya memberikan hasil yang sama bilamana dikerjakan secara akurat. Jika ekskresi urine dan insang dikoleksi pada metode secara langsung, energi termetabolisme (ME) dapat juga dikalkulasi.

Phillips dan Brockway (1959) menetapkan nilai-nilai bahan bakar menjadi kelas-kelas nutrien. Protein diasumsikan sebesar 90% harus tercerna, lemak 85% tercerna, dan karbohidrat 40% tercerna. Nilai tersebut untuk tepung (*starch*) didasarkan pada pencernaan tepung mentah dan asumsi bahwa karbohidrat dalam pakan ikan ada dalam bentuk tepung mentah. Aplikasi dari nilai-nilai bahan bakar tersebut terhadap nilai energi kotor memberikan nilai sebesar 4.0 untuk protein, 8.0 untuk lemak, dan 1.6 untuk karbohidrat.

### Perhitungan

$\% \text{ CHO} = 100 - (\% \text{ protein} + \% \text{ abu} + \% \text{ lemak} + \% \text{ serat kasar})$   
Fraksi protein x 4.0 + fraksi lemak x 0.8 + CHO x 1.6 = nilai bahan bakar (kkal/gr).

CHO di atas dalam bentuk tepung mentah. Nilai CHO bervariasi dari mendekati nilai nol (0) untuk selulose dan lignin hingga 3.2 kkal/gr untuk tepung yang telah dimasak dan hampir 4 kkal/gr untuk gula-gula sederhana.

### *E. Metode Tidak Langsung.*

Metode pengukuran secara tidak langsung didasarkan pada konsentrasi dari *marker* yang tidak dapat dicerna yang terdapat dalam pakan dan feses. Konsentrasi dari marker akan meningkat bilamana suatu nutrisi dicerna dan diabsorpsi. Kromium oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) merupakan salah satu jenis marker yang biasa dipergunakan meskipun bahan-bahan yang lain telah pula dipergunakan dengan sukses. Total koleksi dari feses tidaklah perlu. Semua yang diperlukan adalah sampel yang mewakili dari feses tersebut yang mana cukup banyak untuk dianalisa. Beberapa metode telah dirancang untuk mendapatkan sampel. Ikan dapat dikorbkan atau dibunuh dan sampel diambil dari usus besar bagian bawah. Feses dapat dikeluarkan dengan penekanan secara hati-hati pada bagian luar dari ikan. Metode menyedot telah pula digunakan. Peneliti-peneliti berkebangsaan Kanada (Cho *et al.*, 1982) telah mengembangkan suatu sistem yang mana bahan berupa feses secara cepat dibilas dari tangki penampung atau pemeliharaan ikan dan masuk ke dalam kolom pengendapan. Sampel-sampel feses kemudian dikeluarkan secara periodik dari dasar kolom tersebut.

*Marker* yang dipergunakan dicampur dengan merata pada pakan, dan biasanya sebanyak kurang lebih 1%. Pakan tersebut kemudian diberikan pada ikan untuk jangka waktu yang cukup panjang guna mendapatkan ekskresi feses yang mewakili dari pakan yang

masuk. Sampel pakan dan feses dianalisa kandungan nutrisi dan *markernya*.

Perhitungan

Persentase Kecernaan:

=100-

$$\left( 100 \frac{\% \text{Indikator dalam Pakan}}{\% \text{Indikator dalam Feses}} \times \frac{\% \text{Nutrien dalam Feses}}{\% \text{Nutrien dalam Pakan}} \right)$$

Asumsi-asumsi:

- 1) Bobot bahan feses yang dapat dikumpulkan cukup untuk dianalisis. Feses tersebut hendaknya dikeluarkan ikan secara alamiah;
- 2) Kehilangan karena pencucian tidaklah banyak;
- 3) *Marker* tidak diabsorpsi atau diserap oleh ikan atau tertinggal dalam hewan uji;
- 4) *Marker* tidak ikut ambil bagian atau tidak mempengaruhi pencernaan maupun penyerapan berbagai nutrisi; dan
- 5) Sampel feses tidak terkontaminasi dengan pakan yang tidak termakan.

Sumber pokok dari kesalahan dalam metode ini adalah kehilangan bahan feses dikarenakan pelarutan atau pencucian. Bahan yang dapat larut akan hilang dengan cepat ke dalam air. Partikel-partikel lembut mungkin saja lolos dari saringan atau filter yang dipergunakan untuk mengumpulkan feses. Bahan feses yang ditekan dari ikan atau dikoleksi dari usus bagian bawah mungkin saja belum sepenuhnya dicerna dan diserap.

#### *F. Metode Langsung.*

Metode pengukuran secara langsung memerlukan koleksi secara kuantitatif dari bahan feses. Smith (1971) mengembangkan suatu ruangan (*chamber*) yang mana ikan secara individu dapat dimasukkan ke dalamnya dan pengumpulan feses, ekskresi dari urine dan insang secara kuantitatif serta terpisah dapat dilaksanakan. Sebuah diafragma karet yang dipasang dengan rapat dan rapih di sekeliling ikan memisahkan ikan pada bagian ujung depan dari ruangan tersebut dengan bagian belakangnya. Urine dikoleksi dengan menggunakan kateter atau kanula yang dimasukkan ke dalam ureter ikan tersebut dan terus melewati sebuah sumbat karet pada lubang ruangan tersebut. Hasil ekskresi insang tertinggal di dalam air pada sekeliling bagian kepala ikan dan feses dikoleksi pada bagian belakang dari ruangan tersebut.

Choubert *et al.* (1979) merancang sebuah saringan mekanik yang mana mampu memisahkan feses yang berbentuk pellet dari akuarium dengan suatu periode yang sangat singkat berada dalam air. Feses tersebut dijatuhkan ke dalam cairan nitrogen untuk pengawetan. Pakan, feses, urine, dan air yang mengandung ekskresi asal insang dianalisis protein serta energinya.

#### Perhitungan

$$DE = IE - FE$$

$$ME = IE - (FE + UE + ZE)$$

Dimana DE adalah energi yang dapat dicerna (*digestible energy*), IE adalah total energi yang masuk ke dalam tubuh atau dalam pakan yang dikonsumsi (*intake energy*), FE adalah energi yang hilang dalam feses (*fecal energy*), ME adalah energi yang dapat dimetabolisme (*metabolizable energy*), UE adalah energi yang hilang dalam urin (*urinary energy*), dan ZE adalah total energi dalam persenyawaan mudah terbakar yang dikeluarkan melalui insang. Pada ikan, nilai ZE dapat diabaikan.

### Asumsi-asumsi:

- 1) Pengurangan ikan dalam ruang tertutup haruslah tidak merubah kemampuan ikan tersebut dalam mencerna dan menyerap pakan;
- 2) Produk limbah yang dikumpulkan merupakan suatu produk yang khas dari jenis ikan yang berenang bebas;
- 3) Ikan tidak memuntahkan kembali pakan bilamana dipaksa makan;
- 4) Alat mampu memisahkan secara efektif berbagai jenis produk limbah dari berbagai sumber; dan
- 5) Kontribusi berbagai bahan dari bagian permukaan ikan terhadap limbah yang dikoleksi tidaklah besar.

Metode pengumpulan limbah metabolisme tersebut menggunakan tenaga kerja secara intensif. Tingkat kemampuan dan latihan tertentu diperlukan guna memasukkan kateter atau kanula secara tepat untuk mengumpulkan urine tanpa melukai ikan tersebut. Pengumpulan dari ikan yang mendekati tingkatan matang seksual adalah sulit. Bilamana semua limbah metabolisme dikumpulkan secara kuantitatif, maka memungkinkan untuk menghitung pencernaan berbagai nutrien, kesetimbangan nitrogen, kesetimbangan karbon dan energi, dan energi termetabolisme dari suatu pakan. Pelarutan yang terjadi bukanlah suatu masalah karena keseluruhan suspensi feses dianalisis.

Bilamana saringan mekanik digunakan, maka:

- a. Bahan feses cukup padat untuk terkumpul pada saringan dan tidak tercuci keluar oleh aliran air; serta
- b. Semua bahan feses yang tertangkap oleh saringan di pindahkan ke dalam kontainer nitrogen cair.

Dalam hal ini, terlihat kemungkinan banyak kehilangan bahan feces melalui saringan. Semua peralatan mekanik merupakan penyebab terjadinya suatu kesalahan.

## 2.2. LATIHAN

Kerjakan latihan ini sebagaimana instruksi di bawah:

1. Seluruh mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Nutrisi Ikan dibagi kedalam 5 kelompok studi;
2. Setiap kelompok studi tersebut dilengkapi dengan 3 buah akuarium atau wadah pemeliharaan lengkap dengan sistem pemeliharaannya;
3. Setiap akuarium diisi 5 ekor dari jenis yang sama (mis: bawal, tilapia atau lele);
4. Ikan terpilih hendaknya memiliki bobot atau ukuran tubuh yang setara sehingga tidak terjadi persaingan dalam mendapatkan makanan;
5. Setiap kelompok studi memberi pakan kepada ikan peliharaannya selama 3 minggu dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a. Jenis pakan dan merek yang digunakan adalah sama, ikan menyukainya;
  - b. Pakan diberikan sedikit demi sedikit hingga kenyang (secara at satiation). Metode tersebut biasanya membutuhkan waktu  $\pm 30$  menit periode makan;
  - c. Kelompok studi 1 memberi pakan dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 1 kali setiap 2 hari;
  - d. Kelompok studi 2 memberi pakan dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 1 kali setiap hari; dan
  - e. Begitu seterusnya untuk kelompok studi 3, 4, dan 5 masing-masing memberi pakan dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 2, 3, dan 4 kali setiap hari.
6. Selama 3 minggu pemberian pakan, amati dan catat berbagai fenomena yang terjadi mencakup bobot pakan yang dikonsumsi

setiap kali pemberian pakan dan total setiap hari, respons terhadap pakan, pertumbuhan ikan, dan kualitas air.

7. Bandingkan hasil pengamatan Anda dengan kelompok studi lainnya;
8. Buat laporan lengkap dan presentasikan di depan semua kelompok studi serta dosen pengampu.

### 3. Penutup

#### 3.1. Test Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini.

##### A. Jawaban Benar / Salah

1. *Digestible energy* (DE) suatu jenis pakan ikan hanya dapat diukur atau ditentukan dengan bantuan penanda (*marker*) dalam pakan tersebut.
2. Energi pakan yang terbuang melalui feses ikan terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah pakan yang dikonsumsi.
3. Energi pakan yang terbuang melalui urin ikan terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah pakan yang dikonsumsi.
4. Pertumbuhan ikan akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan bobot pakan yang diberikan.
5. Meskipun tingkat pemberian pakan terus ditingkatkan, jumlah energi yang dibutuhkan untuk metabolisme standar cenderung tetap.

##### B. Jawaban singkat

1. Sebutkan lewat mana saja energi dalam pakan ikan dapat 'menghilang'?
2. Apa yang dimaksud dengan *marker*? Beri contoh!

##### C. Uraian

1. Jelaskan fenomena apa yang mungkin akan terjadi bilamana ikan diberi pakan melebihi dari jumlah yang dibutuhkan!

2. Rumuskan cara menentukan nilai *digestible energy*(DE) pada pakan ikan!

#### D. Hitungan

1. Apabila diketahui bahwa:
  - a. Bobot total pakan yang diberikan pada ikan adalah 120 gram,
  - b. Bobot pakan maksimum yang dapat dikonsumsi oleh ikan adalah 100 gram,
  - c. Total feses yang berhasil dikumpulkan dan telah dikeringkan dengan oven adalah 70 gram,
  - d. Hasil pengukuran *gross energy* dengan menggunakan bomb kalorimeter adalah 5 kkal/gram pakan dan 2 kkal/ gram feses, maka: Hitung berapa persen (%) energi pakan yang dapat dicerna oleh ikan?

#### 3.2. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diminta melakukan studi kecil secara individu di rumah masing-masing menggunakan prosedur sebagaimana latihan pada topik 'Aliran dan Pemanfaatan Energi' di atas. Gunakan jenis ikan yang sama, namun dengan metode pemberian pakan yang berbeda. Ikan diberi pakan dengan persentase bobot pakan terhadap bobot total tubuh ikan dengan nilai yang telah ditentukan dan tetap (*fix rate method*), misalnya 2% bobot biomass untuk setiap kali pemberian pakan. Amati dan catat berbagai fenomena yang terjadi. Bandingkan hasil pengamatan tersebut dengan latihan yang pernah diperoleh sebagaimana pada kegiatan kelas.

Untuk dapat melanjutkan ke Sub-Pokok Bahasan III, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi Anda yang telah lolos ke materi berikutnya!

### 3.3. Rangkuman

Konsep aliran energi ideal melalui sistem hewan berlaku untuk semua spesies hewan. Pada sebagian besar sistem hewan, pertumbuhan paling efisien adalah pada pemasukan energi maksimum. Untuk sebagian besar spesies ikan, efisiensi maksimum terjadi pada tingkat yang kurang dari pemasukan maksimum. Tidak semua energi pakan berlaku untuk pertumbuhan dan reproduksi. Sejak pakan mengalami proses pencernaan, energi hilang melalui feses, urin, dan insang. Energi juga hilang sebagai panas. Ikan mendapatkan energi dari 3 sumber, yaitu protein, lemak, dan karbohidrat.

Dikarenakan karbohidrat digunakan secara kurang efisien pada sebagian besar sistem ikan maka sumber energi utama adalah protein dan lemak. Kecernaan dapat diukur secara langsung melalui pengumpulan secara kuantitatif hasil ekskresi, atau secara tidak langsung dengan menggunakan petanda (*marker*) yang ada dalam pakan. Protein diasumsikan sebesar 90% tercerna, lemak 85% tercerna, dan karbohidrat 40% tercerna. Aplikasi dari nilai-nilai bahan bakar tersebut terhadap nilai energi kotor memberikan nilai sebesar 4.0 untuk protein, 8.0 untuk lemak, dan 1.6 untuk karbohidrat.

Nilai CHO bervariasi dari mendekati nol untuk selulose dan lignin, hingga 3.2 kkal/gr untuk tepung yang telah dimasak, dan hampir 4 kkal/gr untuk gula sederhana. Metode pengukuran secara tidak langsung didasarkan pada konsentrasi *marker* yang tidak dapat dicerna yang terdapat dalam pakan dan feses.

Kromik oksida ( $Cr_2O_3$ ) merupakan salah satu jenis marker yang biasa dipergunakan. Persentase Kecernaan dihitung dengan rumus:

$$= 100 - \left( 100 \frac{\% \text{Indikator dalam Pakan}}{\% \text{Indikator dalam Feses}} \times \frac{\% \text{Nutrien dalam Feses}}{\% \text{Nutrien dalam Pakan}} \right)$$

Metode pengukuran secara langsung dihitung dengan rumus:

$$DE = IE - FE.$$

### 3.4. Kunci Jawaban Test Formatif

#### A. Jawaban Benar / Salah

1. Jawab: Salah
2. Jawab: Benar
3. Jawab: Salah
4. Jawab: Salah
5. Jawab: Betul

#### B. Jawaban singkat

1. Jawab: energi hilang dapat melalui feses, urin, insang, permukaan kulit, dan berubah menjadi panas serta gerak. Energi 'hilang' dalam artian tersimpan dapat melalui daging, gonad, atau telur.
2. Jawab: *Marker* adalah petanda yang bersifat *inert* atau tidak mudah larut dan tidak berkurang atau ikut ambil bagian selama proses pencernaan pakan berlangsung. Contoh:  $Cr_2O_3$  dan plastik.

#### C. Uraian

1. Jawab: Menurut teori pembelanjaan energi dari Smith (1989) dinyatakan bahwa energi pakan akan terbuang dalam berbagai bentuk melalui feses, urin, insang, dan kulit. Sebagian lagi tersimpan dalam tubuh sebagai daging atau gonad. Bila ikan diberi pakan hingga jumlah yang dibutuhkan, maka energi yang hilang maupun tersimpan melalui berbagai komponen tersebut di atas akan meningkat pula. Namun, apabila pemberian pakan terus ditingkatkan hingga melebihi jumlah yang dibutuhkan maka jumlah energi yang hilang akan terus meningkat, namun energi yang tersimpan misalnya sebagai daging akan menuju tingkat yang cenderung stasioner atau tetap. Bahan organik dalam feses dan amonia dari urin dapat merusak kualitas air, hingga meracuni ikan. Dalam hal ini nafsu makan ikan dapat

terganggu, kesehatan menurun, pertumbuhan terhambat, atau bahkan dapat mengakibatkan terjadinya kematian massal.

2. Jawab: *Digestible energy* (DE) suatu jenis pakan ikan dapat ditentukan dengan 2 cara: a) melalui penggunaan petanda (*marker*) yang ditambahkan ke dalam pakan tersebut sebelum diberikan pada ikan, dan selanjutnya nilai total energi pakan (GE) serta nilai total energi feses (FE) diukur dengan bantuan bomb kalorimeter. Konsentrasi indikator yang digunakan, misalnya krom, baik dalam pakan maupun feses dianalisis secara laboratoris. Nilai DE dihitung dengan menggunakan rumus sbb:

$$DE (\%) = 100 - \left( 100 \frac{\%Indikator\ dalam\ Pakan}{\%Indikator\ dalam\ Feses} \times \frac{\%Energi\ dalam\ Feses}{\%Energi\ dalam\ Pakan} \right)$$

dan b) melalui pengumpulan semua feses yang dihasilkan ikan dari pakan yang diberikan. Selanjutnya, nilai total energi pakan (GE) serta total energi feses (FE) diukur dengan bantuan bomb kalorimeter. Nilai DE dihitung berdasarkan rumus:  $DE = GE - FE$ .

#### D. Hitungan

Jawab:

Intake energy (IE) = 5 kkal/gram x 100 gram = 500 kkal

Fecal energy (FE) = 2 kkal/gram x 70 gram = 140 kkal

Jadi, digestible energy (DE) = (500 - 140) kkal = 360 kkal

$$= (360 / 500) \times 100\% = 72\%$$

## DAFTAR PUSTAKA/ACUAN/BACAAN ANJURAN

- Cho, C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T. 1985. *Finfish Nutrition in Asia-Methodological Approaches to Research and Development*. IDRC, Canada. 154 p.
- Halver, J.E. 1972. *Fish Nutrition*. Acad. Press., New York. 713 p.
- Halver, J.E. 1989. *Fish Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. Acad. Press, Inc., San Diego. 798 p.
- Halver, J.E. and Hardy, R.W. 2002. *Fish Nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Acad. Press, Amsterdam. 822 p.
- Hepher, B. 1988. *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge Univ. Press. New York. 387 p.
- Lawrence, E. 1989. *Biological Terms*. 10<sup>th</sup> ed. Longman Sci. & Technical, Singapore. 645 p.
- NRC. 1977. *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes*. Nation. Acad. Sci., Washington, DC., USA. 78 p.
- NRC. 1982. *Nutrient Requirements of Warmwater Aquatic Animals*. Nation. Acad. Press, Washington, DC., USA. 252 p.
- Parker, R. 2002. *Aquaculture Science*. 2<sup>nd</sup> ed. Delmar, Thomson Learning, USA. 621 p.
- Tytler, P. and Calow, P. 1985. *Fish Energetics-New Perspectives*. Croom Helm, London. 349 p.

### SENARAI

- Pembelanaan energi = energy budget: kesetimbangan antara pemasukan energi dengan penggunaan dalam sistem biologis, yang dinyatakan dalam konsumsi (C) = produksi (P) + respirasi (R) + energi terbuang.
- Aliran energi = energy flow: transfer energi dari satu organisme ke organisme yang lain dalam suatu ekosistem.
- Bio-energetika: aliran energi dalam suatu ekosistem. Mempelajari transformasi energi dalam organisme hidup.

### **III. KEBUTUHAN ENERGI**

#### **1. Pendahuluan**

##### **1.1. Deskripsi Singkat**

Ikan mampu memanfaatkan energi pakan jauh lebih efisien dibandingkan dengan hewan darat lainnya. Hal tersebut memungkinkan lebih banyak energi untuk pertumbuhan, aktivitas, dan reproduksi. Berbagai faktor internal dan eksternal dapat mempengaruhi tingkat kebutuhan dan pemanfaatan pakan oleh ikan.

##### **1.2. Relevansi**

Materi yang disajikan pada Sub-Pokok Bahasan III ini menjelaskan kebutuhan serta tingkat efisiensi pemanfaatan energi pada berbagai aktivitas ikan dan perbandingannya dengan jenis hewan lainnya. Selanjutnya, menjelaskan berbagai faktor internal-eksternal yang dapat mempengaruhi tingkat kebutuhan energi oleh ikan. Oleh karena itu, materi yang disajikan pada sub-pokok bahasan ini sangat relevan dengan sub-pokok bahasan sebelumnya serta secara keseluruhan, Pokok Bahasan Bio-Energetika sangat membantu mahasiswa pada saat menerapkan konsep *feeding manajemen*.

##### **1.3. Kompetensi**

###### **1.3.1. Standar Kompetensi**

Pada akhir penyampaian materi kuliah 'Kebutuhan Energi' ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan kembali konsep dasar bio-energetika, khususnya untuk ikan serta keterkaitannya dengan berbagai faktor yang mempengaruhi tingkat efisiensi pemanfaatan dan kebutuhan energi oleh ikan.

###### **1.3.2. Kompetensi Dasar**

Setelah diberikan materi ini, mahasiswa semester IV PS. Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, hendaknya mampu:

- a. menyebutkan kembali berbagai faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi; serta
- b. menjabarkan kembali mengapa ikan mampu mengubah pakan menjadi daging dengan sangat efisien.

## **2. Penyajian**

### **2.1. Uraian**

Ikan, sebagaimana semua hewan-hewan lain, membutuhkan energi untuk menunjang kehidupannya. Energi ini diturunkan dari energi yang disimpan dalam ikatan-ikatan kimia dari pakan yang mereka makan dan energi tersebut dikeluarkan ketika ikatan-ikatan tersebut dihancurkan oleh reaksi-reaksi oksidasi. Siklus oksidasi yang sama sebagaimana terdapat pada hewan-hewan lain telah diidentifikasi pada ikan. Namun demikian, terdapat beberapa perbedaan kuantitatif yang menarik. Gula berkarbon enam adalah suatu sumber energi pada semua hewan. Jenis gula semacam ini dapat diturunkan dari karbohidrat dalam pakan atau dapat berasal dari asam amino glukogenat. Ke dua molekul karbon asetat merupakan bahan bakar untuk siklus asam sitrat atau siklus Krebs (untuk lebih jelasnya, baca pula Pokok Bahasan V: Peran dan Kebutuhan Karbohidrat). Molekul asetat dihasilkan pada pemecahan karbohidrat, lemak, dan asam amino. Siklus asam sitrat tersebut merupakan situs produksi utama untuk sintesa adenosin triphosphat (ATP). Hidrolisa ATP merupakan sumber dari energi pada tingkat selular.

Oksidasi lengkap dari satu mol glukosa menjadi karbon dioksida dan air melepaskan 686 kkal. Pada sistem hewan bagian dari energi tersebut disimpan dalam ikatan berenergi tinggi dari ATP dan sisanya hilang sebagai panas. Hidrolisis ATP menjadi adenosin diphosphat (ADP) dan phosphat inorganik (Pi) melepaskan energi, yang mana melalui persamaan kimiawi, mengendalikan reaksi-reaksi yang membutuhkan energi.

Keseluruhan reaksi dapat disajikan sebagai:

$$\text{Glokosa} + \text{Pi} + \text{ADP} = \text{ATP} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi tak tersedia}$$
$$\text{ATP} = \text{ADP} + \text{Pi} + \text{energi bermanfaat}$$

Jumlah pasti dari energi yang dilepaskan pada hidrolisis ATP dibawah kondisi fisiologis tidak diketahui, namun sekitar 8 kkal per mol. Oksidasi lengkap dari 1 mol glukose secara teoritis akan menghasilkan 85 mol ATP. Dibawah kondisi fisiologis, 39 mol ATP dihasilkan, yang berarti memberikan efisiensi 45%. Sisa energi muncul sebagai panas, yang tak bermanfaat bagi hewan kecuali membantu mempertahankan temperatur tubuh pada hewan berdarah panas. Untuk ikan, hal itu sedikit mempunyai kegunaan dan dengan sangat cepat hilang ke sekeliling air. Beberapa ikan seperti jenis ikan tuna, dapat menggunakan limbah panas ini untuk meningkatkan suhu saluran pencernaan guna mempercepat proses-proses pencernaan.

Ikan merupakan contoh diantara hewan-hewan yang paling efisien dalam pengubahan pakan menjadi jaringan tubuh. Ikan rainbow trout (*Salmo gairdneri*), bilamana diberi pakan makanan berkualitas tinggi, membutuhkan tidak lebih dari 1.5 kg pakan (berat kering udara) setiap kilogram daging yang diperoleh (berat basah). Jenis ikan ini membutuhkan proporsi protein yang lebih tinggi dalam pakannya dibandingkan dengan hewan-hewan lainnya. Namun demikian, kebutuhan protein per unit yang diperoleh sebanding dengan kebutuhan protein dari sistem hewan lainnya. Kebutuhan energi per unit yang diperoleh jauh lebih rendah pada ikan dibandingkan dengan hewan-hewan daratan. Apa yang nampak sebagai kebutuhan protein yang tinggi untuk ikan sebenarnya adalah kebutuhan yang rendah untuk energi.

### A. Beberapa Faktor yang Membantu Tingginya Efisiensi Energi.

Sebagaimana dijelaskan di atas, ikan mampu memanfaatkan energi pakan jauh lebih efisien dibandingkan dengan hewan darat lainnya. Tingginya efisiensi pemanfaatan energi pakan oleh ikan dikarenakan oleh beberapa faktor bio-fisiologis yang menguntungkan dari ikan, meliputi:

#### a.1. Kebutuhan energi untuk mempertahankan suhu tubuh.

Ikan membutuhkan energi yang relatif lebih rendah dibandingkan hewan mamalia lainnya dalam hal energi untuk mempertahankan suhu tubuhnya. Kecepatan produksi panas ikan rainbow trout pada suhu 15°C telah dilaporkan sebagai  $Y = 4.41 W^{0.63}$ , dimana  $Y$  = panas yang dihasilkan (kkal/ikan/hari) dan  $W$  adalah berat dalam kilogram. Nilai yang diterima secara umum untuk hewan mamalia adalah  $Y = 70.4 W^{0.75}$  dan untuk bangsa burung  $Y = 83 W^{0.75}$ . Dengan demikian, seekor ikan rainbow trout pada suhu 15°C membutuhkan hanya sekitar 5 sampai 6% dari energi yang dibutuhkan seekor mamalia atau burung dengan ukuran yang sama untuk mempertahankan suhu tubuh terhadap panas lingkungan normal. Kurang lebih setengah dari pakan yang dikonsumsi oleh hewan ternak dipergunakan untuk tujuan-tujuan mempertahankan tubuh. Diperkirakan, sepertiga hingga setengah dari pakan tersebut digunakan untuk pertumbuhan. Ikan rainbow trout menggunakan sekitar 85% energi tercerna dari pakan yang tersedia untuk pertumbuhan. Sejauh diketahui, ikan air tawar tidak berusaha untuk mempertahankan suhu tubuh yang berbeda dengan suhu lingkungan. Hewan mamalia dan burung harus membelanjakan energinya untuk mempertahankan suhu tubuhnya.

#### a.2. Pendukung dan perjalanan.

Ikan mempunyai mode transportasi yang efisien. Tubuhnya didukung oleh air dan tidak membutuhkan otot-otot antigravitasi yang besar dibandingkan dengan binatang yang hidup di daratan. Tubuh langsing dan halus yang bergerak melewati air merupakan bentuk

paling efisien dari transportasi. Berdasarkan kajian terhadap burung yang sedang terbang dan hewan-hewan akuatik disimpulkan bahwa ikan salmon muda dapat melakukan suatu perjalanan yang lebih ekonomis daripada hewan-hewan yang lain. Terdapat perbedaan-perbedaan berdasar spesies dalam penggunaan energi untuk melakukan suatu perjalanan. Beberapa ikan bergerak tidak lebih dari yang diperlukan untuk mencari makanan. Sedangkan lainnya secara aktif berenang setiap saat. Ikan salmon dewasa barangkali melakukan perjalanan ratusan mil ke daerah hulu pada perjalanan pemijahannya. Ikan tersebut tidak makan sesudah meninggalkan air laut. Semua energi untuk melakukan perjalanan dan pematangan gonad harus berasal dari simpanan tubuh.

#### a.3. *Ekskresi limbah nitrogen.*

Ekskresi *limbah* nitrogen dari katabolisma protein merupakan suatu proses yang banyak membutuhkan energi untuk hewan yang hidup di daratan. Amonia adalah produk limbah pokok bilamana asam amino dipergunakan sebagai energi. Amonia tersebut bersifat sangat beracun dan harus segera diekskresikan atau diubah menjadi bentuk-bentuk yang kurang beracun. Hewan mamalia dan burung mengubah amonia menjadi urea atau asam urat pada pembelanjaan energi. Kemudian, urea dan asam urat tersebut dikonsentrasikan dan diekskresikan. Ikan mengekskresikan sekitar 85% dari limbah nitrogennya sebagai amonia yang menurunkan gradien konsentrasi melalui insang ke dalam air dengan sedikit atau tanpa membelanjakan energi. Energi yang dibelanjakan pada proses detoksifikasi, konsentrasi, dan ekskresi produk limbah merupakan bagian dari energi yang hilang sebagai panas.

#### B. *Berbagai Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Energi.*

Kebutuhan energi antar ikan berbeda satu sama lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan tingkat penggunaan energi oleh ikan adalah sebagai berikut:

*b.1. Umur.*

Sejalan dengan peningkatan umur, tingkat metabolisme ikan pada umumnya menurun;

*b.2. Komposisi pakan.*

Bilamana pakan memiliki kandungan protein atau mineral yang tinggi, maka metabolisme meningkat agar ikan tersebut dapat menghilangkan atau menurunkan produk limbah yang mungkin saja terbentuk dan menjadi racun;

*b.3. Pencahayaan (light exposure).*

Tingkat kegelapan menurunkan kebutuhan energi pada beberapa spesies. Ikan yang dipelihara pada pencahayaan yang konstan tidak tumbuh dengan lebih baik dibandingkan ikan dengan spesies yang sama namun mendapatkan periode istirahat terhadap pencahayaan;

*b.4. Aktivitas fisiologis.*

Salmon mempunyai tingkat metabolisme yang tinggi selama musim pemijahan. Sebaliknya, selama musim dingin ikan salmon memiliki tingkat metabolisme yang sangat rendah;

*b.5. Ukuran.*

Secara umum, ikan yang berukuran lebih kecil memiliki tingkat metabolisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang berukuran lebih besar;

*b.6. Spesies.*

Tingkat metabolisme bervariasi menurut sifat pola tingkat laku dari spesies tersebut. Sebagai contoh, ikan yang menetap atau mempunyai sifat tidak senang berpindah-pindah tempat (*sedentary fish*) memiliki tingkat metabolisme yang lebih rendah dibandingkan dengan ikan yang memiliki sifat berenang secara aktif pada kolom air (*pelagic fish*); dan

*b.7. Suhu air.*

Bilamana suhu air meningkat, kemampuan air tersebut untuk mendukung atau melarutkan oksigen menurun. Dalam merespon

terhadap daya dukung oksigen yang menurun tersebut, tingkat respirasi ikan meningkat, dan yang kemudian mengakibatkan tingkat metabolisme lebih tinggi. Untuk setiap peningkatan suhu air sebesar 18°F (10°C), tingkat metabolisme meningkat dua kali lipat. Aplikasi di lapangan menunjukkan bahwa bilamana suhu air meningkatkan maka bobot pakan yang dibutuhkan ikan juga meningkat.

Sebagai tambahan, tingkat metabolisme menurun 5 persen untuk tiap derajat F menurun dari suhu lingkungan standar (*Standard Environmental Temperature, SET*). Dengan demikian, jika suhu air adalah 20°F (6.7°C) dibawah SET, pertumbuhan praktis akan terhenti. Namun, ikan masih makan untuk memenuhi kebutuhan metaboliknya seperti berenang, osmoregulasi, dan respirasi. Berbagai faktor lingkungan lainnya seperti laju aliran air, komposisi air, dan polusi memberikan cekaman stres tersendiri terhadap ikan dan mengakibatkan tingkat metabolisme ikan berubah sepadan dengan kerasnya cekaman tersebut.

## 2.2. LATIHAN

Kerjakan latihan ini sebagaimana instruksi di bawah:

1. Seluruh mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Nutrisi Ikan dibagi kedalam kelompok-kelompok kecil terdiri dari 10 – 12 orang;
2. Setiap kelompok studi tersebut dilengkapi dengan 2 buah akuarium atau wadah pemeliharaan lengkap dengan sistem pemeliharaannya;
3. Setiap akuarium diisi dengan 5 ekor ikan, masing-masing dari jenis ikan karnivora (misalnya bawal air tawar) dan herbivora (misalnya gurami);
4. Ikan terpilih hendaknya memiliki bobot atau ukuran tubuh yang setara sehingga tidak terjadi persaingan dalam mendapatkan makanan;
5. Setiap kelompok studi memberi pakan kepada ikan peliharaannya selama 1 minggu menggunakan jenis pakan dan bobot yang sama.

- Sebagai contoh, ikan diberi pakan terapung dari merek dagang yang sama sebanyak 5 gram atau 10 gram perhari. Banyaknya pakan yang dapat dikonsumsi per hari bergantung pada bobot total ikan dalam setiap akuarium;
6. Pakan diberikan 3 – 5 kali sehari pagi hingga malam secara *at satiation*;
  7. Selama 1 minggu pemberian pakan, kumpulkan semua feses yang dihasilkan masing-masing oleh ke dua jenis ikan. Diusahakan agar semua feses terkumpul dan tidak ada yang tersisa dalam akuarium atau tersuspensi dalam air. Untuk itu, feses perlu segera dikumpulkan segera sesudah dikeluarkan. Pengumpulan feses terus dilakukan hingga hari ke-2 setelah pemberian pakan terakhir;
  8. Keringkan feses yang telah terkumpul tersebut di dalam oven bersuhu 50°C selama 2-3 hari. Timbang bobotnya dan ukur energi totalnya menggunakan bomb kalorimeter;
  9. Amati, catat, dan terangkan dengan membuat table dan grafik berbagai fenomena yang terjadi mencakup bobot total feses yang berhasil dikumpulkan dan kandungan total energi dalam feses tersebut. Bandingkan antara ke dua jenis ikan;
  10. Bandingkan hasil pengamatan tersebut dengan kelompok studi lainnya;
  11. Buat laporan lengkap dan presentasikan di depan semua kelompok studi serta dosen pengampu.

### **3. Penutup**

#### **3.1. Test Formatif**

Jawablah soal-soal dibawah ini.

##### **A. (Benar / Salah)**

1. Pada siklus Krebs, metabolisme glukosa menghasilkan atau melepaskan molekul kimiawi berenergi tinggi yang disebut dengan adenosin difosfat.

2. Lama waktu pencahayaan berkorelasi positif dengan penggunaan atau kebutuhan energi oleh ikan.

#### B. Jawaban singkat

1. Sebutkan 4 faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kebutuhan energi oleh ikan!
2. Apakah perbedaan antara limbah nitrogen yang diekskresikan oleh ikan dengan limbah nitrogen yang diekskresikan oleh bangsa mamalia dan burung?

#### C. Uraian

1. Jelaskan, mengapa ikan mampu mengkonversi pakan jauh lebih efisien dibandingkan dengan hewan darat lainnya?.
2. Jelaskan, bagaimana keterkaitan antara suhu air dengan manajemen pemberian pakan?.

#### 3.2. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diminta melakukan kegiatan di rumah masing-masing sebagaimana latihan pada topik 'Kebutuhan Energi' di atas untuk jenis ikan omnivora, misalnya tilapia atau lele. Bandingkan hasilnya dengan apa yang pernah diperoleh sebagaimana pada kegiatan kelas. Untuk dapat melanjutkan ke Pokok Bahasan III, mahasiswa harus mampu menjawab semua pertanyaan paling tidak 75% benar. Selamat bagi Anda yang telah lolos ke materi berikutnya!

#### 3.3. Rangkuman

**I**kan, sebagaimana semua hewan-hewan lain, membutuhkan energi untuk menunjang kehidupannya. Gula berkarbon enam merupakan sumber energi pada semua hewan. Pada sistem hewan, energi disimpan dalam ikatan kimia berenergi tinggi (yaitu ATP) dan sisanya hilang sebagai panas. Ikan, dibandingkan dengan hewan darat lainnya, merupakan jenis hewan yang paling efisien dalam pengubahan pakan menjadi jaringan tubuh.

Tingginya efisiensi pemanfaatan energi pakan oleh ikan dikarenakan oleh beberapa faktor bio-fisiologis yang menguntungkan, meliputi: 1) *Kebutuhan energi untuk mempertahankan suhu tubuh.* Ikan membutuhkan energi yang relatif lebih rendah dibandingkan hewan mamalia lainnya dalam hal energi untuk mempertahankan suhu tubuhnya. Ikan air tidak perlu berusaha untuk mempertahankan suhu tubuh yang berbeda dengan suhu lingkungan. Hewan mamalia dan burung harus membelanjakan energinya untuk mempertahankan suhu tubuhnya. 2) *Pendukung dan perjalanan.* Ikan mempunyai mode transportasi yang efisien. Tubuhnya didukung oleh air dan tidak membutuhkan otot-otot antigravitasi yang besar dibandingkan dengan binatang yang hidup di daratan. Tubuh langsing dan halus yang bergerak melewati air merupakan bentuk paling efisien dari transportasi. Berdasarkan kajian terhadap burung yang sedang terbang dan hewan-hewan akuatik disimpulkan bahwa ikan dapat melakukan suatu perjalanan yang lebih ekonomis daripada hewan-hewan yang lain. 3) *Ekskresi limbah nitrogen.* Ekskresi limbah nitrogen dari katabolisme protein merupakan suatu proses yang banyak membutuhkan energi untuk hewan yang hidup di daratan. Hewan mamalia dan burung mengubah amonia menjadi urea atau asam urat yang membutuhkan energi. Ikan mengekskresikan  $\pm 85\%$  limbah nitrogennya sebagai amonia yang menurunkan gradien konsentrasi melalui insang ke dalam air dengan sedikit atau tanpa membelanjakan energi.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan tingkat penggunaan energi oleh ikan adalah sebagai berikut: a) umur ikan, b) komposisi pakan, c) suhu air, d) lama waktu pencahayaan (*light exposure*), e) aktivitas fisiologis, f) ukuran ikan, g) spesies, keterkaitannya dengan tingkah laku berenang.

Tingkat metabolisme ikan menurun 5 persen untuk setiap penurunan  $1^{\circ}\text{F}$  dari suhu lingkungan standar (*Standard Environmental Temperature, SET*). Dengan demikian, jika suhu air adalah  $20^{\circ}\text{F}$  (atau  $6.7^{\circ}\text{C}$ ) dibawah SET maka pertumbuhan praktis akan terhenti.

#### A. (Benar / Salah)

1. Jawab: Salah.
2. Jawab: Betul

#### B. Jawaban singkat

1. Jawab: a) Umur ikan, b) Komposisi pakan, c) Suhu air, d) Aktivitas fisiologis ikan, e) Ukuran ikan, f) Spesies, misalnya keterkaitannya dengan tingkah laku berenang, dan g) Lama waktu pencahayaan.
2. Jawab: Limbah nitrogen yang diekskresikan oleh ikan adalah dalam bentuk amonia. Mamalia mengekskresikan limbah nitrogennya dalam bentuk urea, sedangkan bangsa burung dalam bentuk asam urat.

#### C. Uraian

1. Jawab: Ikan mampu mengkonversi pakan jauh lebih efisien dibandingkan dengan hewan darat lainnya dikarenakan ikan mampu memanfaatkan energi pakan jauh lebih efisien. Fenomena tersebut didukung oleh beberapa alasan penyebabnya. A) Ikan membutuhkan energi yang relatif lebih rendah dibandingkan hewan mamalia lainnya dalam hal energi untuk mempertahankan suhu tubuhnya. Ikan tidak perlu mempertahankan suhu tubuh yang berbeda dengan suhu lingkungan. Hewan mamalia dan burung harus membelanjakan energinya untuk mempertahankan suhu tubuhnya. B) Ikan mempunyai mode transportasi yang efisien. Tubuhnya didukung oleh air dan tidak membutuhkan otot-otot antigravitasi yang besar dibandingkan dengan binatang yang hidup di daratan. Tubuh langsing dan halus yang bergerak melewati air merupakan bentuk paling efisien dari transportasi daripada burung yang sedang terbang atau hewan darat yang sedang lari atau jalan di atas kakinya. C) Eksresi limbah nitrogen dari katabolisme protein merupakan

suatu proses yang banyak membutuhkan energi untuk hewan yang hidup di daratan. Amonia adalah produk limbah pokok bilamana asam amino dipergunakan sebagai energi. Amonia tersebut bersifat sangat beracun dan harus segera diekskresikan atau diubah menjadi bentuk-bentuk yang kurang beracun. Hewan mamalia dan burung mengubah amonia menjadi urea atau asam urat yang memerlukan energi. Kemudian, urea dan asam urat tersebut dikonsentrasikan dan diekskresikan. Ikan mengekskresikan sekitar 85% dari limbah nitrogennya sebagai amonia yang menurunkan gradien konsentrasi melalui insang ke dalam air dengan sedikit atau tanpa membelanjakan energi.

2. Jawab: Ikan termasuk kedalam hewan poikiloterm. Artinya, suhu tubuh ikan cenderung mengikuti suhu air atau lingkungan hidupnya. Apabila suhu air meningkat maka suhu tubuh ikan juga ikut meningkat, dan selanjutnya terjadi pula peningkatan laju metabolisme. Dengan demikian, kebutuhan ikan akan energi meningkat sejalan dengan peningkatan suhu air. Pakan merupakan sumber energi bagi ikan. Oleh karena itu, pakan yang diberikan juga perlu ditingkatkan jumlah atau bobotnya. Sebaliknya apabila suhu air menurun, maka suhu tubuh ikan juga ikut menurun dan yang selanjutnya berdampak pula pada penurunan tingkat metabolisme. Fenomena ini akan menurunkan kebutuhan atau penggunaan energi, dan oleh karena itu, pemberian pakan hendaknya dikurangi. Bahkan apabila suhu air 20°F atau 6.7°C dibawah SET (*standard environmental temperature*) maka pertumbuhan ikan praktis terhenti. Oleh karena itu, jumlah pakan yang dibutuhkan sangatlah sedikit, hanya untuk mempertahankan produksi panas tubuh (*heat production, HE*).

## DAFTAR PUSTAKA/ACUAN/BACAAN ANJURAN

- Cho, C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T. 1985. *Finfish Nutrition in Asia-Methodological Approaches to Research and Development*. IDRC, Canada. 154 p.
- Halver, J.E. 1972. *Fish Nutrition*. Acad. Press., New York. 713 p.
- Halver, J.E. 1989. *Fish Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. Acad. Press, Inc., San Diego. 798 p.
- Halver, J.E. and Hardy, R.W. 2002. *Fish Nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Acad. Press, Amsterdam. 822 p.
- Hepher, B. 1988. *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge Univ. Press. New York. 387 p.
- Lawrence, E. 1989. *Biological Terms*. 10<sup>th</sup> ed. Longman Sci. & Technical, Singapore. 645 p.
- Lovell, T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand reinhold, New York. 260 p.
- NRC. 1977. *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes*. Nation. Acad. Sci., Washington, DC., USA. 78 p.
- NRC. 1982. *Nutrient Requirements of Warmwater Aquatic Animals*. Nation. Acad. Press, Washington, DC., USA. 252 p.
- Parker, R. 2002. *Aquaculture Science*. 2<sup>nd</sup> ed. Delmar, Thomson Learning, USA. 621 p.
- Pillay, T.V.R. 1990. *Aquaculture-Principles and Practices*. Fishing News Books, Blackwell Sci. Pub. Ltd., Oxford, London. 575 p.
- Steffens, W. 1989. *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood Ltd., England. 384 p.
- Stickney, R.R. 1979. *Principles of Warmwater Aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc., Canada. 375 p.
- Tytler, P. and Calow, P. 1985. *Fish Energetics-New Perspectives*. Croom Helm, London. 349 p.
- Webster, C.D. 2002. *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Pub., USA. 448 p.

## SENARAI

Esensial: sangat penting, sangat dibutuhkan, krusial. Definisi esensial untuk asam amino, asam lemak, dan vitamin adalah sama, namun terdapat perbedaan untuk mineral.

ATP: singkatan dari adenosin trifosfat. Suatu koenzim yang sangat penting, ditemukan pada semua sel makhluk hidup. Menyediakan energi cadangan.

Glokosa: salah satu monosakarida berantai karbon 6 (heksosa, C-6). Paling umum dijumpai di alam. Salah satu hasil akhir dari hidrolisis enzimatik terhadap karbohidrat.

## BIOGRAFI PENULIS



**Dr.Ir. Subandiyono, MAppSc.** adalah staf pengajar pada program studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Lahir di Kebumen pada tanggal 22 Januari 1962 dari pasangan bapak Soetopo M.D. dan ibu Hj. Saidah sebagai anak ke 5 dari 9 bersaudara. Pernikahan dengan Dr.Ir. Sri Hastuti, MSi. dikaruniai seorang putra yang diberi nama Sandi Sutopo Aribowo dan seorang putri yang diberi nama Anggit Gusti Nugraheni.

Gelar kesarjaan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 1987, dengan masuk sebagai mahasiswa melalui jalur perintis II. Sebagai penerima beasiswa peningkatan prestasi akademik (PPA) serta kemudian ikatan dinas (ID), pada tahun 1988 diterima sebagai dosen di Undip. Gelar *Master of Applied Science* diperoleh dari *University of Tasmania* (UNITAS), Australia pada tahun 1994. Gelar doktor diperoleh dari IPB pada tahun 2005 dengan perolehan sertifikat penghargaan sebagai wisudawan terbaik (IPK 4.0).

Kajian ilmu yang ditekuni mulai dari S1 hingga S3 adalah budidaya ikan (*aquaculture*) dengan lebih fokus pada bidang makanan dan nutrisi ikan, sebagaimana ditunjukkan pada topik skripsi, tesis, dan disertasi. Kajian nutrisi telah dilakukan terhadap udang galah serta ikan trout, beronang, gurami, mas, lele, nila, dan beberapa jenis ikan lainnya. Pada penerbitan tahun 2013, buku ajar 'Nutrisi Ikan' ini memperoleh hibah insentif penulisan buku ajar dari Dikti. Buku teks yang telah diterbitkan adalah mengenai 'BERONANG-serta Prospek Budidaya Laut di Indonesia', dan 'Teknologi Tepat Guna Budidaya Ikan LeleDumbo (*Clarias gariepinus*, Burch) Hygienis'.

Saat ini, Subandiyonomasih mengemban amanah tugas tambahan sebagai Kepala Pusat Aktivitas Instruksional (Kapus PAI), Direktorat Pengembangan Pembelajaran dan Kerjasama Akademik (DP2KA), Universitas Diponegoro.



**Dr.Ir. Sri Hastuti, MSi.** adalah staf pengajar pada program studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Lahir di Kudus pada tanggal 22 Agustus 1963 dari pasangan bapak Moch. Jaelan Atmo dan ibu Soedjinah sebagai anak ke 4 dari 6 bersaudara. Menjalin rumah tangga dengan Dr.Ir. Subandiyono, MAppSc. sejak 1988 dan telah dikaruniai seorang putra pada tahun 1990 yang diberi nama Sandi S. Aribowo. Tahun 1996 memperoleh amanah lagi, seorang putri bernama Anggit G. Nugraheni. Gelar kesarjaan dan master

diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB), masing-masing pada tahun 1987 dan 1997. Gelar doktor diperoleh dari Institusi yang sama pada tahun 2005 dengan perolehan IPK 3.99.

Diterima sebagai dosen Undip pada tahun 1988 dan dengan tugas mengajar bidang budidaya ikan, seperti dasar-dasar akuakultur, manajemen akuakultur, manajemen kesehatan ikan, dan metodologi penelitian. Penelitian beronang telah ditekuni sejak 2000. Ketekunannya terhadap kajian kesehatan ikan telah membuahkan hasil dengan diperolehnya Hibah Bersaing, Hibah Kompetensi, dan Stratnas, yang merupakan skeme penelitian bergengsi dari Dikti. Penelitian terhadap lele dumbo (*Clarias gariepinus*) telah dilakukan sejak 2006. Sejak tahun 2010, Sri Hastuti fokus melakukan kajian terhadap jenis penyakit yang baru-baru ini ditemukan menyerang lele dumbo di berbagai daerah, yaitu lele kuning (*joundice catfish*). Dari hasil penelitian tersebut, diterbitkan buku teks yang diberi judul: 'Teknologi Tepat Guna Budidaya Ikan LeleDumbo (*Clarias gariepinus*, Burch) Hygienis'. Bersama-sama Subandiyono, Sri Hastuti menyusun dan menerbitkan buku teks berjudul: 'BERONANG-serta Prospek Budidaya Laut di Indonesia'. Pada penerbitantahun 2013, buku ajar 'Nutrisi Ikan' ini memperoleh hibah insentif penulisan buku ajar dari Dikti.



Sri Hastutipernah mengemban tugas sebagai sekretaris laboratorium prodi BDP, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, hinggadua periode dan berakhir pada tahun 2016.




• **UNDIP** •  
MAJU DENGAN MUTU

## LOGO Q-A UNDIP

Gambar yang terlihat adalah berasal dari dua huruf yaitu Q (*quality*) dan A (*assurance*) yang disusun berimpit,

Huruf Q digambarkan sebagai lingkaran  dan lidah gelombang  yang berwarna merah

Lingkaran menggambarkan kontinuitas, keseimbangan, ketidakpuasan dalam melakukan penjaminan mutu. Lidah gelombang dengan warna merah dimaksudkan sebagai gambaran kedinamisan dari Quality Undip itu sendiri.

Huruf A digambarkan dalam bentuk segitiga  yang melambangkan Tridharma PT yang dijaminmutukan.

QA (Lingkaran dan segitiga) berwarna gradasi dengan gelap dibawah dan menjadi terang di atas sesuai dengan arah mata anak panah (segitiga) menggambarkan tujuan QA untuk mendukung Undip menuju kejayaan (kebersinaran).

Slogan “MAJU DENGAN MUTU” jelas menyatakan tekad UNDIP untuk terus maju, dan kemajuan yang dicapai adalah kemajuan yang selalu mendasar pada mutu (kualitas).