

## Kinerja produksi dan respons fisiologis elver ikan sidat *Anguilla bicolor bicolor* McClelland, 1844 yang dipelihara dengan sistem basah, lembap, dan kering

[Production performance and physiology response of *Anguilla bicolor bicolor* rearing with a wet, damp and dry system]

Eko Harianto<sup>1,2✉</sup>, Eddy Supriyono<sup>3</sup>, Tatag Budiardi<sup>3</sup>, Ridwan Affandi<sup>4</sup>, Yani Hadiroseyani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Doktor, Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (IPB)

<sup>2</sup>Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari Jambi, Jl. Slamet Ryadi, Broni Jambi 36122

<sup>3</sup>Departemen Budidaya Perairan, FPIK IPB Kampus IPB Dramaga, Jalan Agatis 16680

<sup>4</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK IPB Kampus IPB Dramaga, Jalan Agatis 16680

*eharianto27@gmail.com, eddysupriyonoipb@gmail.com, tatagbdp@yahoo.com, ridwan\_affandi@yahoo.com, yanihadiroseyani@gmail.com*

Diterima: 10 Desember 2019; Disetujui: 19 Mei 2020

### Abstrak

Budi daya ikan sering terkendala terhadap ketersediaan air, baik kualitas maupun kuantitasnya. Ikan sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) merupakan spesies ikan yang dalam sistem pemeliharaannya membutuhkan volume air yang banyak. Tujuan penelitian ini adalah menentukan sistem pemeliharaan terbaik elver ikan sidat (*A. bicolor bicolor*) pada sistem basah, lembap, dan kering melalui kajian kinerja produksi dan respons fisiologis. Penelitian dilakukan dari bulan Agustus sampai September 2018 di Laboratorium Teknik Produksi dan Manajemen Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap 5 perlakuan dan 3 ulangan, yaitu perlakuan sistem basah tinggi air 0% dari tinggi badan (A), sistem basah tinggi air 50% dari tinggi badan (B), sistem basah tinggi air 100% dari tinggi badan (C), sistem lembap (D), dan sistem kering (E). Ikan yang digunakan adalah elver ikan sidat berukuran 18,80±0,62g yang berasal dari pembudidaya di Bogor Jawa Barat. Pakan yang digunakan adalah pakan komersial dengan kadar protein 50% yang diberikan secara *at satiation* 3 kali per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan C memberikan hasil terbaik dengan nilai sintasan 100%, laju pertumbuhan spesifik 0,45 % hari<sup>-1</sup>, laju pertumbuhan mutlak 0,07 g hari<sup>-1</sup> dan rasio konversi pakan sebesar 6,57. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata (p<0,05). Nilai glukosa darah pada perlakuan C merupakan nilai yang paling mendekati dengan kondisi ikan sidat sebelum perlakuan.

Kata penting: ikan sidat, sistem kering, sistem lembap, respons fisiologis

### Abstract

Aquaculture is often constrained by the availability of water, both in quality and quantity. The aim of this study was to determine the optimum maintenance system of elver (*Anguilla bicolor bicolor*) on a wet, moist and dry system through production performance studies and physiological responses. The research was conducted from August to September 2018 at the Production Technic and Management of Aquaculture Laboratory, Department of Aquaculture, IPB University. A completely randomized design with 5 treatments and 3 replications was used in this study, namely treatment with high water wet system 0% of body height (A), high water wet system 50% of body height (B), high water wet system 100% of body height (C), moist system (D), and dry system (E). The body weight of elver was 18.80 ± 0.62 g which derived from fish cultivator in Bogor, West Java. Fish was fed 3 times per day *at satiation* with commercial feed which a protein content of 50%. Results showed that treatment C was the best result with survival rate of 100%, the specific growth rate of 0.45% day<sup>-1</sup>, the absolute growth rate of 0.07 g day<sup>-1</sup> and feed conversion ratio of 6.57. The analysis of variance showed that the treatments showed the significant effect (P <0.05). The blood glucose value closest to the eel condition before treatment was found in the treatment C.

Keywords: eel, dry system, moist system, physiological responses, wet system

## Pendahuluan

Ikan sidat merupakan ikan bernilai ekonomi tinggi dengan pangsa pasar yang meningkat setiap tahunnya (Shiraishi & Crook 2015, Pike *et al.* 2019). Pada tahun 2016 total produksi ikan sidat dunia sebesar 286.000 ton (FAO 2018). Produksi ikan sidat di Indonesia hanya sebesar 10.000 ton atau sekitar 8,33% dari target produksi sebesar 120.000 ton (KKP 2017). Upaya peningkatan produksi ikan sidat tersebut harus didukung dengan teknologi pendederan dan pembesaran ikan sidat yang efisien dan maksimal. Salah satu aspek penting dalam pengembangan teknologi pendederan dan pembesaran ikan sidat adalah perbaikan media budi daya. Media budi daya pada skala produksi dan penelitian masih berbasis pada penggunaan volume air yang besar.

Secara umum kegiatan pendederan dan pembesaran elver ikan sidat semi intensif di Asia membutuhkan volume air yang besar yakni 4000 m<sup>3</sup> air per hari atau 100.000 m<sup>3</sup> per tahun produksi. Kegiatan budi daya intensif elver ikan sidat di Eropa dengan kepadatan 120 kg m<sup>3</sup> rata-rata membutuhkan pergantian air sebanyak 60 m<sup>3</sup> per harinya (Nielsen & Prouzet 2008). Beberapa penelitian elver ikan sidat dengan wadah akuarium masih membutuhkan volume air yang tinggi yakni rata-rata berkisar antara 30-120 L (Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Scabra *et al.* 2016, Handajani *et al.* 2018). Akan tetapi, hasil penelitian Taufik *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan sidat *A. bicolor bicolor* stadia elver makin meningkat dengan menurunnya volume air pemeliharaan.

Ikan sidat merupakan spesies yang kuat terhadap perubahan berbagai kondisi perairan seperti suhu, pH, dan salinitas yang memung-

kinkan mereka untuk melakukan ruaya atau bergerak ke muara sungai untuk tumbuh sampai dewasa dan kembali lagi menuju laut dalam untuk reproduksi (Tsukamoto & Kuroki 2014). Ikan sidat memiliki kemampuan bernafas dengan kulit dan hampir sebagian pernafasan kulit dapat digunakan ketika ikan ini berada pada kondisi hipoksia. Ikan sidat mampu menyerap oksigen dari udara oleh kulit sekitar 60% dari total respirasi dalam air pada suhu 22°C (Krogh 1904 *in* Forster 1981). Respons ikan sidat pada media dengan kandungan oksigen rendah adalah mengeluarkan lendir. Secara eksperimental, lendir yang dilepaskan menyebabkan ikan sidat bertahan sampai tujuh hari pada kelembaban udara yang normal dan suhu rendah (Tesch 2003).

Tesch (2003) menunjukkan bahwa ikan sidat memiliki struktur kulit yang tebal sehingga pada kondisi hipoksia semua kebutuhan oksigen dapat dipenuhi secara cepat dengan respirasi kulit. Hal tersebut mendasari pemikiran bahwa budidaya ikan sidat tidak selalu memerlukan volume air yang banyak, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air.

Ikan sidat dalam fase ruaya ke muara sungai (perairan tawar) sering berhadapan pada kondisi hipoksia. Kondisi tersebut terjadi pada saat ikan sidat bermigrasi ke hulu (air tawar) atau pada saat ikan sidat menggali lubang untuk bersembunyi (Graham 1997, van Waarde *et al.* 1983, Hyde *et al.* 1987). Selama pada kondisi tersebut, ikan sidat menggunakan sistem pernafasan udara dengan gelembung renang dan saluran pneumatik untuk bertahan hidup (Mott 1951, Fange 1976)

Secara umum, ikan-ikan yang memiliki alat bantu pernafasan memiliki kemampuan untuk hidup dengan volume air rendah, akan tetapi

masih perlu kajian lebih lanjut terkait hal tersebut. Studi ini dilakukan untuk melihat dan menganalisis respons adaptasi elver ikan sidat terhadap kondisi sistem pemeliharaan kering, lembap, dan basah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan teknologi pendederan dan pembesaran elver ikan sidat. Tujuan penelitian ini adalah menentukan sistem pemeliharaan terbaik elver ikan sidat (*A. bicolor bicolor*) pada sistem basah, lembap dan kering melalui kajian kinerja produksi dan respons fisiologis.

### **Bahan dan metode**

#### *Waktu dan tempat*

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2018 di Laboratorium Teknik Produksi dan Manajemen Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Analisis glukosa darah, histologi dan kualitas air dilakukan di laboratorium di lingkungan Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

#### *Rancangan percobaan*

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap terdiri atas 5 perlakuan dan 3 kali ulangan, sehingga terdiri atas 15 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan adalah media basah dengan tinggi air 0% dari tinggi badan (A), media basah dengan tinggi air 50% dari tinggi badan (B), media basah dengan tinggi air 100% dari tinggi badan (sama dengan tinggi badan ikan sidat) (C), media lembap (D), dan media kering (E). Selain itu, data dari perlakuan tersebut akan dibandingkan dengan

pemeliharaan ikan sidat pada kondisi normal dengan volume air berkisar antara 30-120 L.

#### *Prosedur percobaan*

Ikan uji yang digunakan adalah elver ikan sidat yang berasal dari pembudidaya di Kabupaten Bogor Jawa Barat dengan bobot awal  $18,80 \pm 0,62$  g dan padat tebar 10 ekor per wadah. Pemeliharaan ikan dilakukan selama 30 hari. Tinggi badan ikan sidat yang digunakan sebesar  $1,5 \pm 0,1$  cm. Percobaan pada penelitian ini menggunakan tinggi badan ikan sidat sebagai patokan tinggi air yang akan digunakan sebagai perlakuan. Hal ini dimaksudkan agar ikan sidat masih dapat bersentuhan langsung dengan air.

Wadah yang digunakan pada perlakuan pemeliharaan elver ikan sidat dengan sistem basah yakni perlakuan A, B, dan C (Gambar 1) adalah wadah plastik berukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing sebesar 52 cm  $\times$  31 cm  $\times$  28 cm. Wadah pemeliharaan dilengkapi dengan pompa air berukuran 13 watt dengan debit total  $0,07 \text{ L det}^{-1}$ , *top filter* yang berisi bahan filter antara lain zeolit, karbon aktif, batu karang dan kapas sintesis. Pemeliharaan dilakukan dengan sistem resirkulasi selama 30 hari, wadah dilubangi pada bagian dasar sebagai saluran *outlet* dengan diameter 0,5 cm.

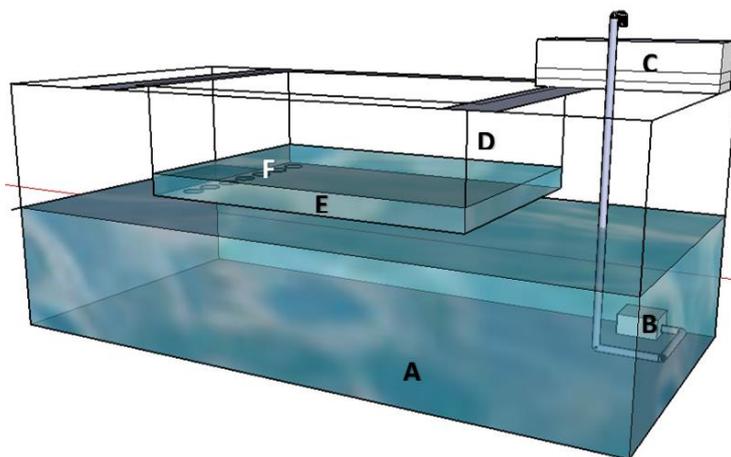
Kontrol tinggi air sesuai dengan perlakuan dilakukan dengan mengatur debit air yang keluar dari saluran *inlet*. Wadah diletakkan di atas akuarium berukuran 100 cm  $\times$  50 cm  $\times$  40 cm. Air dari wadah pemeliharaan akan keluar melalui lubang *outlet* menuju akuarium penampung, kemudian air dari dalam akuarium dipompa ke dalam wadah pemeliharaan yang terlebih dahulu melewati filter yang berisi susunan filter fisik, kimiawi, dan biologis.

Metode pemeliharaan dengan sistem lembap (Gambar 2) menggunakan wadah plastik berukuran 52 cm × 31 cm × 28 cm. Wadah pemelihara dilengkapi dengan busa berukuran 52 cm × 31 cm × 28 cm dan kapas filter berukuran 50 cm × 28 cm × 1,5 cm yang direndam dengan air selama 1 jam. Setelah bahan cukup menyimpan air kemudian disusun ke dalam wadah.

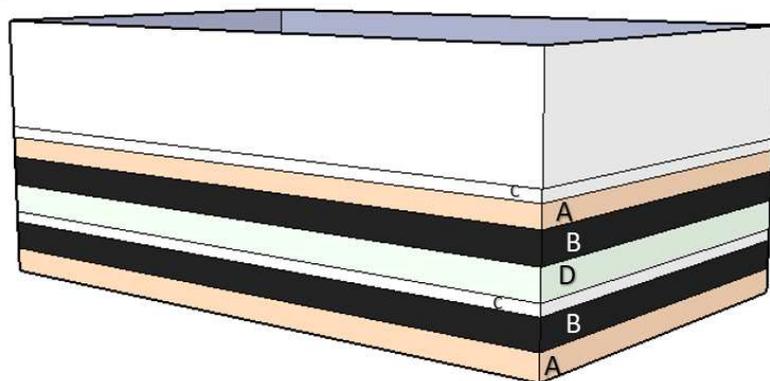
Susunan bahan pengisi diatur sesuai dengan fungsinya. Bagian dasar wadah diisi dengan bahan busa, lalu ikan uji diletakkan di atas busa kemudian ditutup dengan *styrofoam*. Setelah itu,

bagian atas *styrofoam* diisi dengan kapas filter dan ikan uji kembali diletakkan di atasnya dan ditutup kembali dengan busa dan *styrofoam*. *Styrofoam* digunakan untuk mencegah ikan keluar dari masing-masing ruang. Rangkaian bahan pengisi dibuat bersusun untuk menjaga agar kondisi tetap lembap. Suhu selama pengamatan adalah 28°C. Desain perlakuan mengacu pada Sandrayani *et al.* (2013).

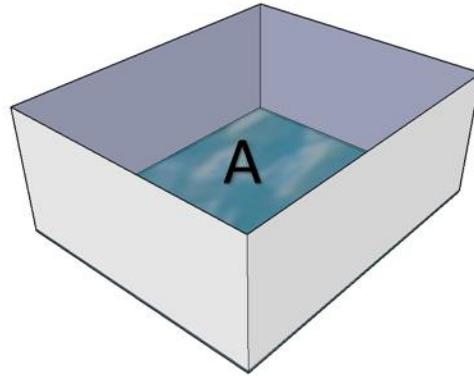
Metode pemeliharaan dengan sistem kering (Gambar 3), wadah yang digunakan adalah wadah plastik berukuran 52 cm × 31 cm × 28 cm. Pada wadah tersebut tidak dilengkapi dengan



Gambar 1 Desain percobaan perlakuan sistem basah (A: akuarium penampungan, B: pompa, C: unit filter, D: kontainer pemeliharaan, E: tinggi air pemeliharaan, F: lubang outlet)



Gambar 2. Desain percobaan perlakuan sistem lembap. (A: busa, B: ikan uji, C: *styrofoam*, D: kapas sintetis)



Gambar 3. Desain percobaan perlakuan media lembap. A: bagian dasar wadah yang diisi air

bahan apa pun. Dasar wadah dibilas dengan air sampai permukaan dasar basah dan tidak dilakukan penambahan air selama pengamatan. Volume air yang digunakan untuk pembilasan sebesar 100 mL. Ikan uji dimasukkan ke dalam wadah dan diamati lama waktu bertahan hidup.

#### *Prosedur pengamatan*

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah jumlah ikan mati, bobot tubuh, media pemeliharaan, sampel darah serta sampel kulit dan insang. Jumlah ikan mati dihitung selama masa pemeliharaan. Bobot tubuh ikan diukur dengan cara ditimbang pada awal penebaran dan setiap tujuh hari selama 30 hari masa pemeliharaan dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g. Parameter media pemeliharaan (suhu, pH dan oksigen terlarut) diukur setiap hari selama 30 hari masa pemeliharaan. Sampel darah, kulit dan insang diambil pada awal dan akhir masa pemeliharaan.

Parameter respons fisiologis pada penelitian ini adalah jumlah glukosa darah yang diukur dengan menggunakan alat GlukoDr.auto™ model AGM 4000. Sampel darah diambil pada bagian pangkal ekor menggunakan *syring* 1 mL. Pengukuran dilakukan dengan mengikuti prose-

dur yang tercantum pada alat. Pengukuran gambaran darah lainnya meliputi jumlah hemoglobin (Wedemeyer & Yasutake 1977) dan sel darah merah (SDM) (Blaxhall & Daisley 1973).

Analisis histologis insang dan kulit dilakukan dengan cara ikan dipingsankan terlebih dahulu dengan menggunakan stabilizer, kemudian ikan dipotong pada bagian pangkal kepala untuk mengambil bagian insang, lalu bagian punggung ikan dipotong vertikal dan diambil kulit ikan bagian luar dengan menggunakan gunting dan pinset. Pembuatan preparat histologis terhadap insang dan kulit dilakukan dengan perwarnaan hematoxylin-eosin (HE) (Angka *et al.* 1990). Pengamatan selanjutnya dilakukan dengan mikroskop binokuler pada perbesaran 40x.

Parameter kualitas air pemeliharaan diamati setiap hari yang meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut. Suhu diamati dengan termometer digital, pH dengan pH-meter dan oksigen terlarut dengan DO-meter.

#### *Parameter uji*

Parameter yang diuji selama penelitian meliputi kinerja produksi antara lain sintasan (STS), laju pertumbuhan spesifik bobot (LPSb), laju pertumbuhan mutlak bobot (LPMb), rasio konversi pakan (RKP), koefisien keragaman

bobot (KKb), parameter respons fisiologis antara lain jumlah hemoglobin, jumlah sel darah merah (SDM) dan jumlah glukosa darah. Selain itu dilakukan analisis histologi insang dan kulit serta parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut.

Sintasan dihitung menggunakan rumus Goddard (1996):

$$STS = \frac{N_t}{N_0} \times 100$$

Keterangan:

STS = sintasan (%)

$N_t$  = jumlah ikan akhir (ekor)

$N_0$  = jumlah ikan awal (ekor)

Laju pertumbuhan spesifik bobot dihitung menggunakan rumus Huisman (1987):

$$LPSb = \left[ \sqrt[t]{\frac{W_t}{W_0}} - 1 \right] \times 100$$

Keterangan:

LPSb = laju pertumbuhan spesifik (% hr<sup>-1</sup>),

$W_t$  = bobot rata-rata ikan akhir (g),

$W_0$  = bobot rata-rata ikan awal (g),

T = lama waktu pemeliharaan (hari)

Laju pertumbuhan mutlak bobot dihitung menggunakan rumus Huisman (1987)

$$LPMb = \frac{W_t - W_0}{t}$$

Keterangan:

LPMb = konversi pakan,

$W_t$  = bobot rata-rata ikan pada akhir pemeliharaan (g),

$W_0$  = bobot rata-rata ikan awal (g)

Rasio konversi pakan merupakan indikator untuk menentukan efektivitas pakan (NRC 2011) yang dihitung menggunakan rumus:

$$RKP = [W_t - (W_0 + W_d)] / F$$

Keterangan:

RKP = rasio konversi pakan,

$W_t$  = biomassa total ikan pada akhir pemeliharaan (g),

$W_0$  = biomassa total ikan mati selama pemeliharaan (g),

$W_d$  = biomassa total ikan pada awal pemeliharaan (g),

F = jumlah pakan selama pemeliharaan (g)

Koefisien keragaman bobot dihitung dengan rumus Steel & Torrie (1981):

$$KKb = (s/y) \times 100$$

Keterangan:

KKb = Koefisien keragaman bobot

s = simpangan baku

y = nilai rata-rata

#### Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan program *Microsoft Excel* 2013 dan *SPSS* 22.0. Data parameter kinerja produksi dianalisis ragam (ANOVA) pada taraf uji 5%. Apabila berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut *tuckey* pada taraf uji 5% untuk menentukan perbedaan antar perlakuan. Parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel dengan nilai rata-rata.

#### Hasil

Hasil pengukuran dan pengamatan selama 30 hari masa pemeliharaan menunjukkan bahwa ikan sidat yang dipelihara dengan sistem kering (perlakuan E) mengalami kematian semua populasi pada hari ke-3 dan ke-4. Ikan sidat yang dipelihara dengan sistem lembap (perlakuan D) mengalami kematian semua populasi pada hari ke-6 dan ke-7. Pada sistem basah dengan tinggi air berbeda (perlakuan A, B dan C) elver ikan sidat dapat bertahan hidup dan diamati selama 30 hari. Kinerja produksi ikan sidat yang

meliputi sintasan, laju pertumbuhan spesifik bobot (LPSb), laju pertumbuhan mutlak bobot (LPMb), rasio konversi pakan (RKP), koefisien keragaman bobot (KKb) yang dipelihara selama 30 hari dengan sistem basah, lembap dan kering disajikan pada Tabel 1. Nilai STS pada semua perlakuan berkisar antara 66-100%, nilai LPSb

terbaik yaitu pada perlakuan C sebesar 0,45%. Nilai LPMb terbaik yaitu pada perlakuan C sebesar 0,07 g hari<sup>-1</sup>. Nilai RKP terbaik yaitu pada perlakuan C sebesar 6,57 dan nilai KKB terbaik yaitu pada perlakuan C sebesar 3,60% (<20%).

Tabel 1. Nilai kinerja produksi elver ikan sidat yang dipelihara selama 30 hari dengan sistem basah dengan tinggi air berbeda

Parameter	Perlakuan			Kondisi Normal
	A	B	C	
STS (%)	66,67±11,15 <sup>a</sup>	80,00±20,00 <sup>ab</sup>	100,00 <sup>b</sup>	77-100 <sup>a</sup>
LPSb (%)	0,17±0,10 <sup>a</sup>	0,27±0,13 <sup>ab</sup>	0,45±0,10 <sup>b</sup>	0,2-1,47 <sup>b</sup>
LPMb (g hari <sup>-1</sup> )	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>b</sup>	0,8-3,48 <sup>c</sup>
RKP	23,08±19,85 <sup>a</sup>	12,86±4,28 <sup>b</sup>	6,57±1,45 <sup>c</sup>	0,2-9,30 <sup>a</sup>
KKb (%)	3,04±1,02 <sup>a</sup>	2,71±0,51 <sup>a</sup>	3,60±0,68 <sup>a</sup>	12-39 <sup>d</sup>

Keterangan:

Huruf tika atas yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% (uji lanjut *tuckey*); TKH= sintasan; LPSb= laju pertumbuhan spesifik bobot; LPMb= laju pertumbuhan mutlak bobot; RKP= rasio konversi pakan; KKB= koefisien keragaman bobot; A= basah (0% TT); B= basah (50% TT); C= basah (100% TT).

<sup>a</sup>Affandi *et al.* 2013, Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Scabra *et al.* 2016, Handajani *et al.* 2018. <sup>b</sup>Affandi *et al.* 2013, Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Handajani *et al.* 2018. <sup>c</sup>Affandi *et al.* 2013, Scabra *et al.* 2016.

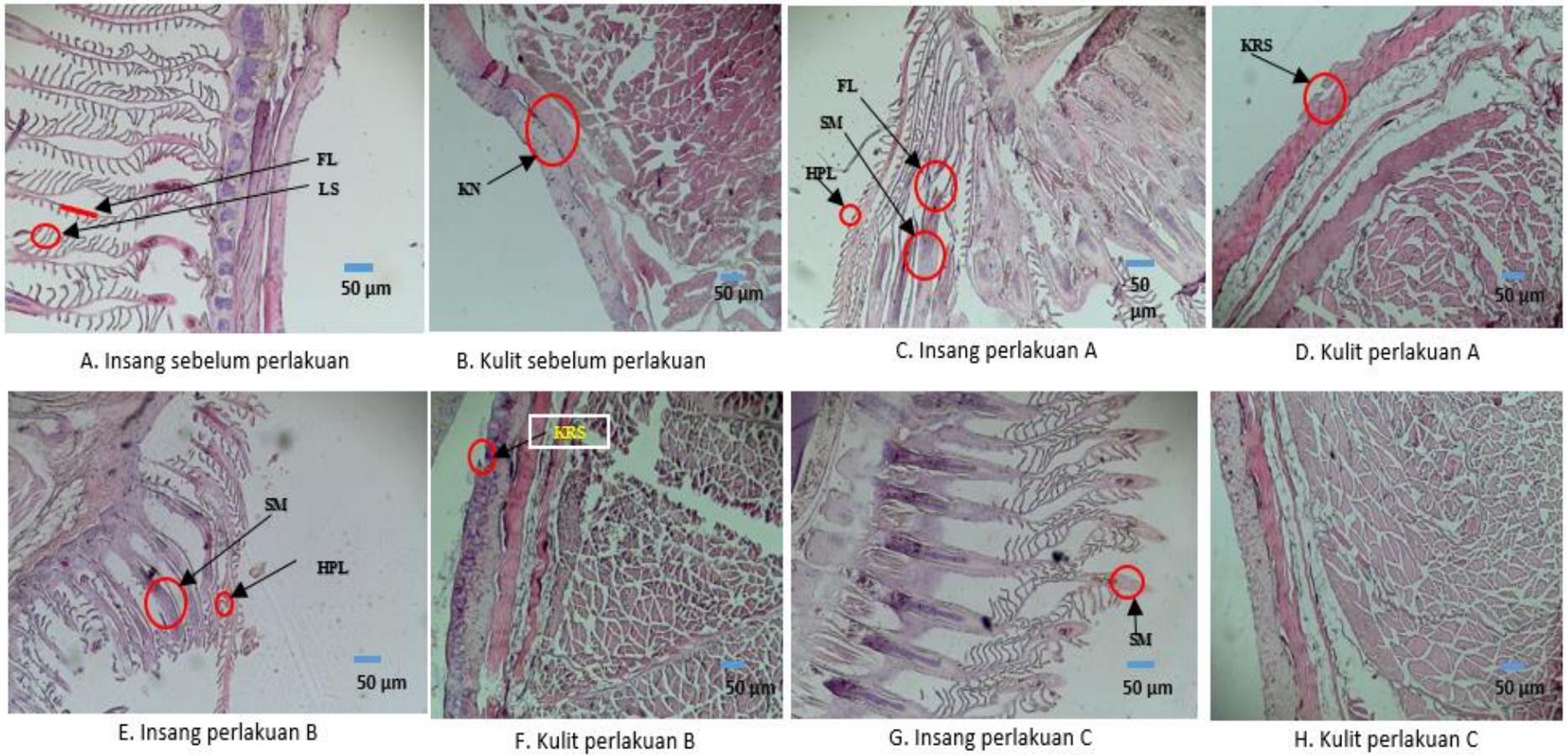
<sup>d</sup>Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Scabra *et al.* 2016.

Tabel 2. Gambaran darah elver ikan sidat yang dipelihara selama 30 hari dengan sistem basah dengan tinggi air berbeda

Parameter	Sebelum Perlakuan	Perlakuan			Standar normal
		A	B	C	
Glukosa Darah (mg dL <sup>-1</sup> )	15	30,00±10,6 <sup>8a</sup>	38,00±24,0 <sup>1a</sup>	18,00±7,64 <sup>b</sup>	31-32* 27-30* 41-62*
Hb (g 100mL <sup>-1</sup> )	11,40	8,60±2,42 <sup>a</sup>	10,13±1,42 <sup>a</sup>	10,47±2,34 <sup>a</sup>	4-5** 8-10** 8-11**
Sel darah merah (× 10 <sup>6</sup> sel mm <sup>-3</sup> )	1.56	1,59±2,42 <sup>a</sup>	1,72±1,42 <sup>a</sup>	1,79±2,34 <sup>a</sup>	1,21-1,28 × 10 <sup>6</sup> *** 1,01-1,21 × 10 <sup>6</sup> *** 1,28-1,30 × 10 <sup>6</sup> *** 2,413 × 10 <sup>6</sup> ***

Keterangan:

Huruf tika atas yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% (uji lanjut *tuckey*); A= basah (0% TT); B= basah (50% TT); C= basah (100% TT). \* Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Fekri *et al.* 2018. \*\* Fekri *et al.* 2018, Fekri *et al.* 2019, Sahan *et al.* 2007. \*\*\* Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Sahan *et al.* 2007, Ponsen *et al.* 2009



Gambar 1. Analisis histologi insang dan kulit pada elver ikan sidat selama masa pemeliharaan (SM : Sel mukus, LS : lamela sekunder, FL : Filamen, HPL : Hipoplasia, FLS : Fusi lamela sekunder, KN : kulit normal, Krs : krenasi, Hematoxylin-Eosin 40x

Tabel 3. Nilai kinerja produksi elver ikan sidat yang dipelihara selama 30 dengan sistem basah dengan tinggi air berbeda

Parameter	Perlakuan			Referensi
	A	B	C	
Suhu (°C)	27-29	26-29	27-28	28-33 <sup>1</sup> 27-31 <sup>2</sup>
pH	6,8-7,5	7,2-7,9	6,5-7,8	6,0-8,0 <sup>3</sup> 6,6-7,7 <sup>2</sup>
Oksigen terlarut (mg L <sup>-1</sup> )	7,5-8,4	5,6-7,2	6,8-7,3	>3 <sup>4</sup> 4,5-8,8 <sup>2</sup>

Keterangan:

<sup>1</sup>Luo *et al.* 2013, <sup>2</sup>Harianto *et al.* 2014, <sup>3</sup>Tseng & Wu 2004, <sup>4</sup>Herianti 2005

Respons fisiologis ikan sidat yang meliputi glukosa darah, hemoglobin (Hb) dan sel darah merah (SDM) yang dipelihara selama 30 hari dengan sistem basah, lembap dan kering disajikan pada Tabel 2. Glukosa darah mengalami fluktuasi selama masa pemeliharaan. Jumlah glukosa darah sebelum diberikan perlakuan sebesar 15 mg dL<sup>-1</sup>. Nilai glukosa darah pada perlakuan C sebesar 18 mg dL<sup>-1</sup>, perlakuan A dan B masing-masing sebesar 30 dan 38 mg dL<sup>-1</sup>. Gambaran darah (hemoglobin dan sel darah merah) pada semua perlakuan masih berada pada kisaran normal dengan nilai berkisar antara 8,60-10,47 g 100mL<sup>-1</sup> dan 1,59-1,79×10<sup>6</sup>mL<sup>-1</sup>.

Analisis histologi pada organ insang dan kulit elver ikan sidat yang diukur pada awal dan akhir pemeliharaan ditunjukkan pada Gambar 1. Analisis histologi dilakukan dengan pewarnaan hematoxylin-eosin (HE) dan preparat diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x. Analisis ini bertujuan untuk melihat perubahan struktur morfologi organ akibat perlakuan yang diberikan.

Hasil pengukuran kualitas air selama 30 hari masa pemeliharaan disajikan pada Tabel 3. Secara umum nilai kualitas air pemeliharaan elver ikan sidat masih berada pada kisaran atau batas optimal untuk pemeliharaan elver ikan

sidat. Nilai suhu berkisar antara 26-29 °C, nilai pH berkisar antara 6,5-7,9 dan nilai oksigen terlarut berkisar antara 5,6-8,4 mg L<sup>-1</sup>.

### Pembahasan

Ikan sidat merupakan organisme akuatik yang memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap kondisi hipoksia. Ikan ini mampu menyerap oksigen melalui insang ketika berada di dalam air dan menggunakan kulit ketika berada di luar air (Tesch 2003). Krogh (1904) *in* Forster (1981) mengemukakan bahwa ikan sidat memiliki kemampuan bernafas dengan kulit dan hampir sebagian pernafasan kulit dapat digunakan ketika ikan ini berada pada kondisi hipoksia. Ikan sidat mampu menyerap oksigen dari udara oleh kulit sekitar 60% dari total respirasi dalam air pada suhu 22°C. Akan tetapi aktivitas pernafasan kulit sangat bergantung pada waktu paparan ikan sidat terhadap udara, semakin lama ikan sidat berada di luar media air maka kinerja pernafasan kulit akan semakin menurun dan menyebabkan ikan gagal bernafas dan mengalami kematian. Hal seperti ini telah dilaporkan Thompson *et al.* (2008) bahwa tingkat kematian pada *Micropterus* spp. yang terpapar udara selama 10-15 menit pada suhu 23°C dan 21°C, menunjukkan hasil ikan sulit

mengalami fase pemulihan, mengalami kegagalan untuk mempertahankan kesetimbangan, serta terjadi peningkatan gula darah.

Pada penelitian ini, ikan uji yang dipaparkan pada udara (tanpa air) dalam waktu yang lama mati semua. Kematian ikan uji pada metode kering dan lembap diduga disebabkan ikan uji mengalami paparan udara yang berlangsung lama sehingga ikan uji mengalami kegagalan respirasi yang menyebabkan sel-sel tubuh pecah dan ikan mati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di sepanjang tubuh ikan berwarna merah. Hal ini juga dijelaskan oleh Ferguson & Tufts (1992), bahwa ketika ikan di luar media air filamen insang dan lamela insang menempel satu sama lain, sehingga pertukaran gas melalui kapiler di lamela insang terhenti dan menyebabkan respirasi aerobik berhenti. Kekurangan oksigen menyebabkan penumpukan asam laktat selama pernapasan sehingga ikan mengalami kematian (Ferguson & Tufts 1992, Suski *et al.* 2004).

Pada perlakuan C dengan volume air tertinggi menghasilkan nilai sintasan sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa ikan sidat mampu diadaptasikan untuk hidup dengan ketinggian air rendah dengan jumlah minimal sama dengan tinggi badan ikan sidat tersebut. Akan tetapi ikan ini tidak dapat hidup secara baik pada kondisi ketinggian air berada separuh badan dan di bawah badannya. Ikan sidat termasuk dalam kelompok ikan yang mampu bernafas langsung dari udara namun masih membutuhkan air untuk bernafas dan tetap menjaga kondisi tubuhnya lembap. Dalam hal ini, pernapasan kulit hanya digunakan ketika ikan berada di luar media air untuk waktu yang singkat (Graham 1997). Nilai kinerja produksi menunjukkan bahwa semakin tinggi ketinggian

air yang diberikan (perlakuan C) akan memberikan respons yang semakin baik. STS sebesar 100% yang dicapai pada perlakuan C menunjukkan bahwa ikan sidat tidak mengalami stres. Dengan demikian, fungsi fisiologis ikan dapat berlangsung dengan baik sehingga mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya dan mengonversi pakan yang diberikan menjadi biomassa untuk tumbuh. Nilai sintasan perlakuan C sama baiknya dengan hasil penelitian Harianto *et al.* (2014), Diansyah *et al.* (2014), Scabra *et al.* (2016), Handajani *et al.* (2018) dengan volume air pemeliharaan sebesar 30-120 L dengan nilai sintasan berkisar antara 77-100%.

Pertumbuhan merupakan parameter penting dalam budidaya, bersama dengan parameter sintasan akan menentukan nilai produksi (biomassa). Pada perlakuan C, nilai laju pertumbuhan spesifik bobot dan laju pertumbuhan mutlak bobot masing-masing sebesar 0,45 % hari<sup>-1</sup>, 0,07 g hari<sup>-1</sup>. Nilai ini memberikan arti bahwa terjadi penambahan bobot pada ikan sidat selama pemeliharaan. Penambahan bobot tersebut disebabkan oleh konsumsi pakan yang diberikan berupa pelet komersial dengan protein 50% mampu memberikan energi untuk dimanfaatkan untuk pertumbuhan. Nilai pertumbuhan pada penelitian ini lebih rendah daripada penelitian lain dengan kondisi media pemeliharaan ikan sidat normal dengan volume air 48-120 L yakni berkisar antara 0,2-1,47 untuk laju pertumbuhan spesifik bobot (Affandi *et al.* 2013, Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Handajani *et al.* 2018) dan 0,8-3,48 laju pertumbuhan mutlak bobot (Affandi *et al.* 2013, Scabra *et al.* 2016).

Rasio konversi pakan merupakan tolok ukur tingkat pemanfaatan pakan oleh ikan. Semakin

rendah nilai konversi pakan, semakin baik mutu pakan tersebut, dan sebaliknya. Nilai rasio konversi pakan terendah pada penelitian ini sebesar 6,57 (perlakuan C) berbeda signifikan ( $p < 0,05$ ) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pakan yang diberikan pada penelitian ini adalah pelet komersial dengan protein 50%. Rendahnya rasio konversi pakan menunjukkan tingginya efisiensi penggunaan pakan untuk menjadi daging oleh ikan sidat. Penelitian tentang pakan pada budi daya sidat menunjukkan bahwa rasio konversi pakan pada pemeliharaan elver berkisar pada angka 1,17-1,25 untuk elver 4 g dengan pakan buatan berkadar protein 45% (Djajasewaka 2003).

Koefisien keragaman bobot menunjukkan tingkat keseragaman bobot pada akhir penelitian, semakin tinggi nilai koefisien keragaman maka tingkat keseragaman bobot semakin kecil. Koefisien keragaman bobot ikan sidat pada penelitian ini berkisar antara 3,04-3,60%. Peningkatan ketinggian air tidak mempengaruhi koefisien keragaman bobot ikan sidat. Nilai koefisien keragaman bobot dalam penelitian ini berada di bawah 20% artinya keseragaman ikan sidat di akhir penelitian tinggi (Baras *et al.* 2011). Koefisien keragaman bobot elver ikan sidat pada kondisi media pemeliharaan ikan sidat normal dengan volume air 48-120 L yakni berkisar antara 12-39% (Harianto *et al.* 2014, Diansyah *et al.* 2014, Scabra *et al.* 2016).

Respons fisiologis ikan sidat pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 tersebut terlihat bahwa nilai glukosa darah sebelum perlakuan sebesar 15 mgdL<sup>-1</sup>. Nilai ini mengalami peningkatan pada akhir masa pemeliharaan dengan nilai peningkatan tertinggi sebesar 30 dan 38 mgdL<sup>-1</sup> (perlakuan A dan B), sedangkan pada perlakuan C juga meng-

alami peningkatan sebesar 18 mgdL<sup>-1</sup>. Menurut Fekri (2014), ikan sidat ukuran 1–2 g memiliki nilai glukosa darah sebesar 15,4 mgdL<sup>-1</sup>. Nilai glukosa darah pada penelitian ini lebih rendah dari hasil penelitian Fekri *et al.* (2018) yakni sebesar 41-62 mgdL<sup>-1</sup>. Meningkatnya kadar glukosa dalam plasma darah ikan selama stres kemungkinan disebabkan oleh aksi katekolamin pada pusat glikogen dalam hati dan jaringan (Svobodova *et al.*, 2006). Semakin tinggi nilai peningkatan nilai glukosa darah mengindikasikan ikan berada dalam kondisi stres, akan tetapi kondisi tersebut masih berada pada kisaran toleransi ikan sidat. Ikan sidat merupakan spesies yang kuat terhadap perubahan berbagai kondisi perairan seperti suhu, pH, dan salinitas. Hal tersebut memungkinkan elver sidat untuk melakukan ruaya atau bergerak ke muara sungai untuk tumbuh sampai dewasa dan kembali lagi menuju laut dalam untuk reproduksi (Tsukamoto & Kuroki 2014).

Hemoglobin merupakan bentuk protein globin dalam eritrosit yang tidak berwarna dan pigmen heme dalam eritrosit. Nilai hemoglobin sebelum penelitian sebesar 11,40 g 100mL<sup>-1</sup> dan mengalami fluktuasi pada masing-masing perlakuan sebesar 8,60 g100mL<sup>-1</sup>) (A), 10,13 g100mL<sup>-1</sup> (B) dan 10,47 g100mL<sup>-1</sup> (C). Nilai ini masih berada pada kisaran normal yakni sebesar 8-11 g 100mL<sup>-1</sup> (Fekri *et al.* 2019, Sahan *et al.* 2007) 3,45-13,65 g100 mL<sup>-1</sup> (Hall *et al.* 1929 in Setiawati *et al.* 2007). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan ketinggian air yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar hemoglobin dalam darah ikan.

Nilai sel darah merah memberikan informasi terkait kinerja beberapa parameter darah lainnya seperti hemoglobin. Nilai sel darah merah selama penelitian untuk semua perlakuan

berturut-turut sebesar  $1,59 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ ,  $1,72 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ , dan  $1,79 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ . Kandungan sel darah merah selama perlakuan meningkat jika dibandingkan dengan nilai awal sebelum perlakuan yakni sebesar  $1,56 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ . Nilai ini masih berada pada batas normal sel darah merah ikan sidat. Ponsen *et al.* (2009) menyatakan bahwa nilai sel darah merah ikan sidat sebesar  $2,413 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ . Selain itu Andayani *et al.* (2009) menyatakan bahwa ikan sidat ukuran 1–2 g memiliki kadar eritrosit  $2,0 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$  sedangkan ikan sidat berukuran 204,1 g memiliki kadar eritrosit  $3,4 \times 10^6$  sel  $\text{mm}^{-3}$ . Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai sel darah merah ( $P > 0,05$ ).

Insang merupakan salah satu organ penting dalam fisiologi ikan karena bagian ini merupakan bagian utama dalam proses pertukaran gas, pengaturan ion dan kerja osmotik serta keseimbangan asam-basa. Selain itu, insang berperan dalam ekskresi nitrogen terutama amonia (Evans *et al.* 2005, Mistry *et al.* 2001, Mumford *et al.* 2007). Pada ikan sidat, struktur lengkung insang, filamen dan lamela memiliki bentuk yang sesuai dengan ikan teleostei pada umumnya (Fontaine *et al.* 1995, Perry 1997, Tesch 2003, Moron *et al.* 2009). Insang terdiri atas filamen yang dilapisi oleh epitel tebal yang berisi neuroepitel, klorida dan sel lendir. Setiap filamen memiliki dua baris lamela sekunder (Tesch 2003).

Hasil analisis histologi insang dan kulit (Gambar 1) menunjukkan bahwa struktur insang elver ikan sidat sebelum perlakuan dalam kondisi normal. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa perlakuan C tidak menunjukkan perubahan struktur pada insang. Ikan sidat pada

perlakuan A dan B menunjukkan hasil yang berbeda, insang mengalami pemendekan sel lamela (hipoplasia) dan beberapa lamela menyatu (fusi lamela) (perlakuan A, Gambar 1 C). Hal ini dapat terjadi karena perlakuan ketinggian air pada perlakuan A dan perlakuan B memberikan akses langsung terjadinya paparan udara pada tubuh ikan sidat. Ikan sidat yang sebagian atau seluruh tubuhnya bersentuhan langsung dengan udara dalam waktu yang cukup lama menyebabkan terjadinya perubahan struktur insang. Hal ini terjadi karena ikan berada pada kondisi hiperkapnia, yaitu tekanan karbondioksida meningkat sehingga pertukaran gas menjadi tidak stabil dan terbatas antara di dalam dan di luar sel. Cruz-neto & Steffensen (1997) melaporkan bahwa tingkat konsumsi oksigen ikan sidat *Anguilla anguilla* menurun dari  $67 \text{ mL O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ke  $50,8 \text{ mL O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  seiring meningkatnya tekanan karbondioksida di luar tubuh dari 10 menjadi 40 mmHg. Pembatasan pertukaran gas di dalam dan di luar menyebabkan peningkatan  $\text{CO}_2$  secara bertahap dan menyebabkan pengasaman darah (Hyde & Perry 1987, Hyde *et al.* 1987). Berg & Steen (1965) in Lefevre *et al.* (2016) menunjukkan bahwa ketika ikan sidat berada di dalam air 90% oksigen diserap menggunakan insang, sementara ketika ikan sidat berada di luar air, sekitar dua pertiga dari penyerapan oksigen menggunakan kulit.

Struktur kulit ikan sidat pada umumnya terdiri atas 3 lapisan utama yakni lapisan epidermis, dermis, dan subkutis (Caruso *et al.* 2010). Ikan sidat memiliki struktur kulit yang tebal, baik pada bagian epidermis maupun bagian ujung corium. Kulit tebal tersebut banyak ditemukan pada ikan sidat di perairan laut, sedangkan ketika ikan sidat berada di

perairan tawar, maka struktur kulit cenderung lebih tipis (Tesch 2003). Jakubowski (1960) *in* Tesch (2003) melaporkan bahwa ikan sidat dengan struktur kulit yang tebal memberikan kemampuan baginya dalam penyerapan oksigen langsung dari udara sehingga dapat memenuhi kebutuhan oksigen secara cepat.

Sama halnya dengan insang, perubahan struktur kulit juga terjadi ketika ikan sidat dipelihara dengan ketinggian air yang rendah (perlakuan A dan B). Kulit mengalami penipisan pada bagian epidermis sel kulit (krenasi) dan semakin sedikit volume air (perlakuan A) penipisan sel tersebut menjadi semakin berkembang dan sel kulit pada bagian luar hilang. Hal ini diduga ikan sidat menggunakan kulit sebagai kompensasi paparan udara dalam menjaga kondisi agar dapat bertahan hidup. Ikan sidat memiliki struktur kulitnya cukup tebal dibandingkan dengan ikan lain dan memiliki kapasitas yang cukup untuk sekresi lendir serta membantu menjaga kulit tetap lembap. Ketika berada di luar air, kulit mampu menjaga keseimbangan O<sub>2</sub> dengan melakukan pengambilan oksigen kulit (Berg & Steen 1965) dan mengurangi penyerapan O<sub>2</sub> dari insang (Lemoigne *et al.* 1986). Selain parameter tersebut, nilai kualitas air ikan sidat yang terdiri atas suhu, pH dan oksigen terlarut masing-masing berkisar antara 26-29 °C; 6,5-7,9 dan 5,6-8,4 mg L<sup>-1</sup>. Nilai parameter kualitas air ini masih berada pada kondisi optimal untuk pembesaran ikan sidat.

### Simpulan

Ikan sidat mampu bertahan hidup dengan sistem kering selama 3-4 hari, dan mampu bertahan hidup dengan sistem lembap selama 6-7 hari. Sistem pemeliharaan terbaik elver ikan

sidat (*A. bicolor bicolor*) terdapat pada pemeliharaan sistem basah dengan tinggi air 100% dari tinggi badan.

### Daftar pustaka

- Affandi R, Budiardi T, Wahyu RI, Taurusman AA. 2013. Pemeliharaan ikan sidat dengan sistem air bersirkulasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18(1): 55-60
- Andayani S, Marsoedi, Sanoesi E, Wilujeng AE, H Suprastiani. 2009. *Profil Hematologi Beberapa Spesies Ikan Air Tawar Budidaya*. UB Press, Malang.
- Angka SL, Mokoginta I, Hamid H. 1990. *Anatomi dan Histologi Banding Beberapa Ikan Air Tawar yang Dibudidayakan di Indonesia*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 146 p.
- Baras E, Raynaud T, Slembrouck J, Caruso D, Cochet C, Legendre M. 2011. Interactions between temperature and size on the growth, size heterogeneity, mortality, and cannibalism in cultured larvae and juveniles of the Asian catfish *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage). *Aquaculture Research*, 42(2): 260–276
- Berg T, Steen JB. 1965. Physiological mechanisms for aerial respiration in the eel. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 15(4):469–484
- Blaxhall PC, Daishley KW. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of Fish Biology*, 5(6): 771-781.
- Caruso G, Maricchiolo G, Micale V, Genovese L, Caruso R, Denaro MG. 2010. Physiological responses to starvation in the European eel (*Anguilla anguilla*): effects on haematological, biochemical, non-specific immune parameters and skin structures. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(1):71–83
- Cruz-neto AP, Steffensen JF. 1997. The effects of acute hypoxia and hypercapnia on oxygen consumption of the freshwater European eel. *Journal of Fish Biology* 50(4): 759–769

- Diansyah S, Budiardi T, Sudrajat AO. 2014. Kinerja pertumbuhan *Anguilla bicolor bicolor* bobot awal 3 g dengan kepadatan berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 13(1): 46-53.
- Djajasewaka H. 2003. Pengaruh pemberian pakan buatan dalam bentuk pelet, pasta dan campuran keduanya terhadap pertumbuhan benih sidat (*Anguilla bicolor*). In: Budiman (editor). *Prosiding Sumber daya Perikanan Sidat Trofik*. UPT Baruna Jaya, BPPT. pp. 55-58
- Evans DH, Piermarini PM, Choe KP. 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiological Reviews*, 85(1): 97–177
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2018. *FAO Yearbook, Fishery and Aquaculture Statistic 2016*. Rome. 108 p.
- Fange R. 1976. Gas exchange in the swimbladder. In: Hughes GM. (ed.) *Respiration of Amphibious Vertebrates*. Academic Press. London. pp. 189-211.
- Fontaine YA, Pisam M, Le Moal C, Rambourg A. 1995. Silvering and gill “mitochondria-rich cells” in the eel, *Anguilla anguilla*. *Cell Tissue Research*, 281(3): 465–471.
- Fekri L, Affandi R, Budiardi T. 2014. Tingkat pemberian pakan sidat *Anguilla bicolor bicolor*: ukuran 1–2 g. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 13(1): 21–27.
- Fekri L, Affandi R, Rahardjo MF, Budiardi T, Simanjuntak CPH, Fauzan T, Indrayani. 2018. The effect of temperature on the physiological condition and growth performance of freshwater eel elver *Anguilla bicolor bicolor* (McClelland, 1844). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 17(2): 181-190.
- Fekri L, Affandi R, Rahardjo MF, Budiardi T, Simanjuntak CPH. 2019. Pertumbuhan elver *Anguilla bicolor* McClelland, 1844 pasca pembantuan yang dipelihara di media semi alami. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(2): 243-257.
- Ferguson RA, Tufts BL. 1992. Physiological effects of brief air exposure in exhaustively exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for “catch and release” fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(6): 1157–1162.
- Forster ME. 1981. Oxygen consumption and apnoea in the shortfin eel, *Anguilla australis schmidtii*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 15(1): 85-90
- Goddard S. 1996. *Feed Management in Intensive Aquaculture*. Chapman and Hall. New York. 194 p.
- Graham JB 1997. *Air-breathing fishes. Evolution, diversity and adaptation*. Academic Press. San Diego.
- Handajani H, Widanarni, Budiardi T, Setiawati M, Sujono. 2018. Phytoremediation of Eel (*Anguilla bicolor bicolor*) rearing wastewater using amazon sword (*Echinodorus amazonicus*) and water jasmine (*Echinodorus palaefolius*). *Omni-Akuatika*, 14(2): 43 – 51.
- Hariato E, Budiardi T, Sudrajat AO. 2014. Growth performance of 7-g *Anguilla bicolor bicolor* at different density. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 13(2): 120–131.
- Herianti I. 2005. Reayasa lingkungan untuk memacu perkembangan ovarium ikan sidat *Anguilla bicolor*. *Jurnal Oseanologi Limnologi Indonesia*, 37(5): 25–41.
- Huisman EA. 1987. *Principles of Fish Production*. University Press. Wageningen Agricultural Netherland. 296 p.
- Hyde DA, Perry SF. 1987. Acid-base and ionic regulation in the American eel (*Anguilla rostrata*) during and after prolonged aerial exposure-branchial and renal adjustments. *Journal of Experimental Biology*, 133(1): 429-447.
- Hyde DA, Moon TW, Perry SF. 1987. Physiological consequences of prolonged aerial exposure in the American eel, *Anguilla rostrata* -blood respiratory and acid-base status. *Journal of Comparative Physiology B-Biochemical Systemic and Environmental Physiology*, 157(5): 635-642.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2017. *Marine and Fishery Statistics. Data in 2014*. KKP RI, Jakarta 63 p.
- Lefevre S, Bayley M, McKenzie DJ. 2016. Measuring oxygen uptake in fishes with

- bimodal respiration. *Journal of Fish Biology*, 88(1): 206–231.
- Lemoigne J, Soulier P, Peyraudwaitzenegger M, Peyraud C. 1986. Cutaneous and gill O<sub>2</sub> uptake in the European Eel (*Anguilla anguilla* L) in relation to ambient PO<sub>2</sub>, 10-400 Torr. *Respiration Physiology*, 66(3): 341-354.
- Luo M, Guan R, Li Z, Jin H. 2013. The effects of water temperature on the survival, feeding, and growth of the juveniles of *Anguilla marmorata* and *Anguilla bicolor pacifica*. *Aquaculture*, 400-401: 61–64.
- Mistry AC, Honda S, Hirata T, Kato A, Hirose S. 2001. Eel urea transporter is localized to chloride cells and is salinity dependent. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(5): 1594-1604.
- Moron SE, de Andrade, Arilson, Narciso Fernandez MA. 2009. Response of mucous cells of the gills of traíra (*Hoplias malabaricus*) and jeju (*Hoplerythrinus unitaeniatus*) (Teleostei: Erythrinidae) to hypo-and hyper-osmotic ion stress. *Neotropical Ichthyology*, 7(3): 491-498.
- Mott JC. 1951. The gross anatomy of the blood vascular system of the eel *Anguilla anguilla*. *Proceedings of the Zoological Society*. London 120: 503-518.
- Mumford S, Heidel J, Smith C, Morrison J, Mac Connell B, Blazer V. 2007. *Fish Histology and Histopathology*. U.S. Fish & Wildlife Service-National Conservation Training Center. (<https://nctc.fws.gov/resources/course-resources/fish-histology/>).
- Nielsen T, Prouzet P. 2008. Capture-based aquaculture of the wild European eel (*Anguilla anguilla*). In: Lovatelli A & Holthus PF (eds). Capture-based aquaculture. Global overview. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 508. Rome, FAO. pp. 141–168.
- NRC. 2011. *Nutrient Requirement of Warmwater Fishes and Shellfishes*. National Academy of Science Press. Washington DC.
- Perry SF. 1997. The chloride cells: structure and function in the gills of freshwater fishes. *Annual Review of Physiology*, 59(1): 325–347.
- Pike C, Crook V, Gollock M. 2019. *Anguilla australis*. The IUCN Red List of Threatened Species. UK. 31 p.
- Ponsen S, Narkkong NA, Pamok S, Aengwanich W. 2009. Comparative hematological values, morphometric and morphological observation of the blood cell in capture and culture asian eel, *Monopterus albus* (Zuiew). *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 4(2): 32-36.
- Sahan A, Altun T, Cevik F, Cengizler I, Nevsat E, Ercument Genc. 2007. Comparative study of some haematological parameters in European eel *Anguilla anguilla* L. (1758) caught from different regions of Ceyhan river (Adana, Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1-2): 167–171.
- Sandrayani, Lumbessy SY, Damayanti AA. 2013. Pengaruh media pengisi terhadap kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada transportasi sistem kering. *Jurnal Perikanan Unram*, 1(2): 20-27.
- Scabra AR, Budiardi T, Djokosetiyanto D. 2016. Kinerja produksi *Anguilla bicolor bicolor* dengan penambahan CaCO<sub>3</sub> pada media budidaya. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 15(1): 1–7.
- Setiawati M, Mokoginta I, Suprayudi MA, Manalu W. 2007. Pengaruh penambahan mi-neral Fe pada pakan ikan terhadap status kesehatan ikan kerapu bebek. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 12(1): 55-63.
- Shiraishi H, Crook V. 2015. *Eel Market Dynamics: An Analysis of Anguilla Production, Trade and Consumption in East Asia*. Traffic, Tokyo.
- Steel GD, Torrie JH. 1981. Prinsip-prinsip dan Prosedur Statistika. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 747 p.
- Suski CD, Killen SS, Cooke SJ, Kieffer JD, Philipp DP, Tufts BL. 2004. Physiological significance of the weight-in during live-release angling tournaments for largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133(6): 1291–1303.
- Svobodova Z, Vykusova B, Modra H, Jarkovsky J, Smutna M, 2006. Haematological and biochemical profile of harvest-size carp during harvest and post-

- harvest stroge. *Aquaculture Research*, 37(10): 959-965.
- Taufiq N, Definta VM, Ario. 2017. Pengaruh volume air pada media terhadap pertumbuhan panjang dan berat ikan sidat (*Anguilla bicolor bicolor*). *Buletin Oseanografi Marina*, 6(2): 117–121.
- Tesch FW. 2003. *The Eel*. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Thompson LA, Cooke SJ, Donaldson MR, Hanson KC, Gingerich A, Klefoth T, Arlinghaus R. 2008. Physiology, behavior, and survival of angled and air-exposed largemouth bass. *North American Journal of Fisheries Management*, 28(4): 1059-1068.
- Tseng KF, Wu KL. 2004. The ammonia removal cycle for a submerged biofilter used in a recirculating eel culture system. *Aquacultural Engineering*, 31(1-2): 17–30.
- Tsukamoto K, Kuroki M. (ed.). 2014. *Eels and humans. Humanity and the sea*. Springer. Japan. 186 p.
- van Waarde A, van den Thillart G, Kesbeke F. 1983. Anaerobic energy metabolism of the European Eel, *Anguilla-Anguilla* l. *Journal of Comparative Physiology* 149(4): 469-475.
- Wedemeyer GA, Yasutake WT. 1977. Clinical methods for the assessment of the effect environmental stress on fish health. US Department of Interior Fish and Wildlife Service Technical Paper 89: 1–17.