

Kinerja pertumbuhan *Anguilla bicolor bicolor* bobot awal 7 g dengan kepadatan berbeda

Growth performance of 7-g *Anguilla bicolor bicolor* at different density

Eko Harianto¹, Tatag Budiardi^{2*}, Agus Oman Sudrajat²

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari
Jalan Slamet Riyadi, Broni, Jambi, Sumatera Selatan 36122

²Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680

*Surel: tatagbdp@yahoo.com

ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the performance of eel production at stocking density of 2 g/L, 3 g/L, and 4 g/L reared in recirculating system for 60 days. The experimental design used was completely randomized design. Fish were fed on sinking pellet given according to body weight. Collected data were survival, specific growth rate, biomass growth, feed conversion ratio, weight variance, blood profile, blood glucose, and cortisol levels. The results showed that the best performance was found in 4 g/L density with specific growth rate and biomass growth were 0.99 ± 0.30 and 7.50 ± 4.13 g/day, feed conversion ratio of 1.22 ± 0.58 , and weight variance of $21.72 \pm 3.60\%$. Stress responses parameters which consisted of cortisol and blood glucose levels showed no significant difference at 22.45 ± 8.59 nm/L and 31.92 ± 4.29 mg/dL, respectively. Blood profile in form of hemoglobin, hematocrit, red blood cell and differential leukocytes showed no significant differences except for the leukocyte parameters with the highest rate was achieved at the stocking density of 4 g/L ($2.70 \pm 0.001 \times 10^5$ sel/mm³). In conclusion, the stocking density of 4 g/L produced the best physiological and production performance.

Keywords: stocking density, growth, physiological response, eel, recirculation system

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja produksi dan respons fisiologis ikan sidat pada padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L dalam sistem resirkulasi selama 60 hari. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap. Pakan berupa pelet tenggelam diberikan sesuai bobot tubuh. Data yang diambil meliputi kelangsungan hidup, laju pertumbuhan spesifik, laju pertumbuhan biomassa, konversi pakan, koefisien keragaman bobot, gambaran darah, kadar glukosa darah, dan kadar kortisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa padat tebar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap laju pertumbuhan biomassa; pertumbuhan biomassa terbaik dicapai pada kepadatan 4 g/L dengan laju pertumbuhan spesifik dan laju pertumbuhan biomassa sebesar $0,99 \pm 0,30$ dan $7,50 \pm 4,13$, konversi pakan sebesar $1,22 \pm 0,58$, dan koefisien keragaman sebesar $21,72 \pm 3,60\%$. Parameter respons stres yaitu kadar kortisol dan glukosa darah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, yaitu masing-masing sebesar $22,45 \pm 8,59$ nm/L serta $31,92 \pm 4,29$ mg/dL. Gambaran darah berupa hemoglobin, hematokrit, jumlah sel darah merah dan diferensial leukosit tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$), kecuali pada parameter leukosit dengan nilai terbaik pada perlakuan 4 g/L ($2,70 \pm 0,001 \times 10^5$ sel/mm³). Hasil penelitian menunjukkan bahwa padat tebar 4 g/L menghasilkan kinerja fisiologis dan produksi terbaik.

Kata kunci: padat tebar, pertumbuhan, respons fisiologis, ikan sidat, sistem resirkulasi

PENDAHULUAN

Ikan sidat merupakan salah satu jenis ikan yang potensial dan memiliki prospek yang sangat baik untuk dibudidayakan di Indonesia, mengingat ikan ini memiliki nilai jual yang tinggi, baik di pasar domestik maupun internasional. Harga ikan sidat ukuran konsumsi lebih dari 500 g/ekor pada

pasar lokal untuk jenis *Anguilla bicolor* rata-rata Rp 75.000–100.000/kg, sedangkan *A. marmorata* Rp 125.000–175.000/kg (Suitha, 2008).

Potensi yang tinggi terhadap komoditas ini memacu pengembangan produksi ikan sidat secara berkelanjutan. Pengembangan teknologi budidaya banyak diteliti pada fase pendederan, yakni dengan fokus kajian mengenai padat tebar

optimum ikan sidat. Purwanto (2007) melakukan penelitian kepadatan ikan sidat *A. bicolor* berukuran 0,5 g dengan kepadatan 0,6 sampai 1 g/L. Selain itu, Rusmaedi (2010) melakukan penelitian terkait padat tebar ikan sidat dengan sistem resirkulasi dengan kepadatan 0,5 g/L untuk sidat *A. bicolor* ukuran 3 g dan 1,8 g. Masing-masing penelitian ini memiliki kisaran padat tebar yang berbeda. Beberapa penelitian tersebut menghasilkan alternatif teknologi budidaya ikan sidat pada pemeliharaan sistem resirkulasi.

Data penelitian terkait sistem dan teknologi budidaya untuk spesies *A. marmorata* masih sangat terbatas. Berdasarkan observasi lapangan, beberapa pembudidaya di wilayah Jawa Barat telah melakukan kegiatan pendederan ikan sidat pada stadia elver dengan kepadatan yang cukup tinggi, yakni berkisar antara 1–3 g/L. Penelitian terbaru untuk spesies *A. marmorata* ukuran 7 g telah dilakukan oleh Ilmiah (2014), mengkaji padat tebar ikan sidat dengan kepadatan 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L dengan pemeliharaan selama 40 hari. Berdasarkan hasil penelitian dan survei dari para pembudidaya, maka penulis melakukan penelitian dengan kepadatan 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L selama 60 hari pemeliharaan pada sidat *A. marmorata* ukuran 7 g. Penelitian ini mengevaluasi respons tumbuh dan respons stres sehingga data yang didapatkan dapat menggambarkan performa produksi dan status kesehatan ikan dengan kepadatan yang tinggi.

Menurut Jobling (2010), peningkatan padat tebar akan diikuti dengan penurunan pertumbuhan (*critical standing crop*) dan pada padat tebar tertentu pertumbuhan akan berhenti ketika mencapai daya dukung (*carrying capacity*). Agar tidak terjadi hal tersebut, maka peningkatan padat tebar haruslah sesuai dengan daya dukung. Faktor-faktor yang mempengaruhi *carrying capacity* antara lain adalah kualitas air, pakan, dan biomassa ikan. Salah satu permasalahan dalam peningkatan produktivitas melalui peningkatan padat tebar adalah terganggunya proses fisiologis dan tingkah laku ikan terhadap ruang gerak yang pada akhirnya dapat menurunkan kondisi kesehatan dan fisiologis ikan. Pada keadaan lingkungan yang baik dan pakan yang tepat, serta pemeliharaan pada media suhu yang optimal, maka akan didapatkan performa produksi yang maksimal. Pada kegiatan budidaya benih ikan sidat dilakukan dengan sistem resirkulasi, sistem resirkulasi pada pemeliharaan ikan sidat mampu memberikan perbaikan kualitas air (Bergwreff *et al.*, 2004; Angelidis *et al.*, 2005; Lee, 2010).

Sistem resirkulasi merupakan sistem produksi yang menggunakan air pada suatu tempat lebih dari satu kali dengan adanya proses pengolahan limbah dan adanya sirkulasi atau perputaran air. Sistem ini sudah banyak digunakan, karena tidak membutuhkan lahan yang luas, dapat diterapkan di daerah pemukiman penduduk, efektif dalam pemanfaatan air dan ramah lingkungan, serta kondisi air mudah dikontrol dengan baik (Martins *et al.*, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja produksi ikan sidat dengan padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L pada sistem resirkulasi melalui kajian respons fisiologis.

BAHAN DAN METODE

Rancangan percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan tiga perlakuan padat tebar dan tiga ulangan. Perlakuan tersebut adalah pemeliharaan benih ikan sidat berukuran panjang 15 ± 1 cm dan bobot 7 ± 1 g dengan padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L.

Ikan uji

Benih ikan sidat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pembudidaya sidat di Cimanggu, Bogor, Jawa Barat. Benih diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum ditebar. Pakan yang diberikan berupa pelet tenggelam (*slow sinking*) pakan kerapu dengan kadar protein 45%. Pakan diberikan 2,5–3% per hari dari total biomassa dengan frekuensi pemberian pakan empat kali sehari. Pergantian air dua kali sehari, yakni pada pagi dan sore hari sebanyak 20% per hari. Hal ini dilakukan dengan tujuan mengganti memberikan air yang baru terhadap media budidaya ikan sidat.

Parameter uji

Parameter yang diuji selama penelitian meliputi derajat kelangsungan hidup (KH), laju pertumbuhan spesifik (LPS), laju pertumbuhan biomassa (LPB), konversi pakan (KP), koefisien keragaman bobot (KK), gambaran darah, kadar glukosa darah, dan kadar kortisol, serta parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, DO, alkalinitas, amonia dan nitrit.

Derajat kelangsungan hidup

Derajat kelangsungan hidup (KH) adalah perbandingan jumlah ikan yang hidup sampai akhir pemeliharaan dengan jumlah ikan pada

awal pemeliharaan, yang dihitung menggunakan rumus:

$$KH = Nt / No \times 100$$

Keterangan:

KH = derajat kelangsungan hidup (%)

Nt = jumlah ikan hidup pada akhir pemeliharaan (ekor)

No = jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

Laju pertumbuhan spesifik

Laju pertumbuhan spesifik (LPS) adalah laju pertumbuhan harian atau persentase pertambahan bobot ikan setiap harinya, yang dihitung berdasarkan rumus:

$$LPS = (\ln Wt - \ln Wo) / t \times 100$$

Keterangan:

LPS = laju pertumbuhan harian (%)

Wt = biomassa ikan akhir pemeliharaan (g)

Wo = biomassa ikan awal pemeliharaan (g)

t = waktu pemeliharaan (hari)

Laju pertumbuhan biomassa

Laju pertumbuhan biomassa (LPB) adalah perubahan biomassa rata-rata dari awal sampai akhir pemeliharaan. Laju pertumbuhan biomassa dapat dihitung menggunakan rumus:

$$LPB = Bt - Bo / t$$

Keterangan:

LPB = laju pertumbuhan biomassa (g/hari)

Bt = biomassa rata-rata pada akhir pemeliharaan (g)

Bo = biomassa rata-rata pada awal pemeliharaan (g)

t = waktu pemeliharaan (hari)

Konversi pakan

Konversi pakan (KP) merupakan indikator untuk menentukan efektivitas pakan (NRC, 2011) yang dihitung menggunakan rumus:

$$KP = [Wt - (Wo + Wd)] / F$$

Keterangan :

KP = konversi pakan

Wt = biomassa total ikan pada akhir pemeliharaan (g)

Wo = biomassa total ikan mati selama pemeliharaan (g)

Wd = biomassa total ikan pada awal pemeliharaan (g)

F = jumlah pakan selama pemeliharaan (g)

Koefisien keragaman bobot

Variasi ukuran dalam penelitian ini berupa variasi panjang ikan yang dinyatakan dalam koefisien keragaman, yang dihitung menggunakan rumus Baras *et al.* (2011):

$$KK = (S/Y) \times 100$$

Keterangan:

KK = koefisien keragaman (%)

S = simpangan baku

Y = rata-rata contoh

Analisis darah

Pengukuran parameter gambaran darah mengacu pada metode pengukuran oleh Blaxhall (1971).

Glukosa darah

Glukosa darah merupakan suatu parameter yang dapat menggambarkan respons fisiologis pada hewan pada saat mempertahankan homeostasis pada suatu perubahan yang terjadi. Glukosa diukur berdasarkan metode Wedemeyer dan Yasutake (1977). Sampel hemolim yang ditampung dalam tabung *Eppendorf* disentrifugasi selama 20 menit dengan kecepatan putaran 2.500 rpm untuk memisahkan plasma hemolim. Selanjutnya plasma hemolim sebanyak 0,05 uL ditambahkan ke dalam 3,50 mL reagen warna ortho-toluidin dalam asam asetat glasial. Campuran tersebut dimasukkan dalam air mendidih selama 15 menit. Setelah didinginkan dalam suhu ruang, konsentrasi glukosa hemolim diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 635 nm. Selanjutnya nilai absorbansinya dikonversi menjadi kadar glukosa hemolim dalam mg/100 mL. Kadar glukosa hemolim dihitung berdasarkan persamaan Wedemeyer dan Yasutake (1977).

$$GD = AbsSp \times GSt / AbsSt$$

Keterangan:

GD = konsentrasi glukosa hemolim (mg/dL)

AbsSp = absorbansi sampel

AbsSt = absorbansi standar

GSt = konsentrasi glukosa standar (mg/dL)

Kortisol

Pengukuran kortisol dilakukan di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Hewan IPB dengan menggunakan sistem RIA dengan penggunaan KIT dari Negara Hungaria (Budapest). Pengukuran kortisol dilakukan dengan melakukan ekstraksi sampel yang

kemudian dilakukan pembacaan densitas optik dengan menggunakan alat baca RIA yang diatur dengan filter berpanjang gelombang 450 nm. Hasil perolehan data yang berupa densitas optik diinterpolasikan dengan menggunakan rumus:

$$Y = -a \ln(x) + b$$

Penghitungan dan analisis data

Data hasil pengamatan dihitung untuk mendapatkan parameter biologi yaitu derajat kelangsungan hidup (KH), laju pertumbuhan spesifik (LPS), laju pertumbuhan biomassa (LPB), konversi pakan (KP), koefisien keragaman bobot (KK), gambaran darah, glukosa darah, dan kortisol, serta parameter kualitas air. Data hasil perhitungan ditabulasi dan dianalisis menggunakan program *Microsoft Excel* 2007 dan *SPSS* 16.0. Data parameter biologi dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) pada taraf uji 5%. Analisis ini digunakan untuk menentukan apakah perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter biologi. Apabila berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut *Tukey* pada taraf uji 5% untuk menentukan perbedaan antarperlakuan. Parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan penyajian gambar atau tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja produksi

Kinerja produksi ikan sidat *A. marmorata* meliputi parameter derajat kelangsungan hidup, laju pertumbuhan spesifik, laju pertumbuhan biomassa, konversi pakan, dan koefisien keragaman seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, data derajat kelangsungan hidup perlakuan 2, 3, dan 4 g/L adalah 100%, laju pertumbuhan bobot spesifik masing-masing perlakuan sebesar 0,53%; 0,77%; dan 0,99%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata

terhadap laju pertumbuhan spesifik elver ikan sidat, laju pertumbuhan biomassa masing-masing perlakuan sebesar 1,51 g/hari, 4,01 g/hari dan 7,50 g/hari. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju pertumbuhan biomassa elver ikan sidat. Hasil uji *Tukey* menunjukkan beda nyata antarperlakuan padat tebar 2 g/L dan 4 g/L namun tidak berbeda dengan padat tebar 3 g/L pada parameter laju pertumbuhan biomassa. Konversi pakan pada Tabel 1 menunjukkan nilai masing-masing perlakuan sebesar 2,75; 1,80; dan 1,22. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa padat penebaran tidak berpengaruh nyata terhadap konversi pakan, tingkat keragaman bobot ikan sidat pada akhir pemeliharaan pada tiga perlakuan kepadatan berturut-turut sebesar 31,19%; 26,07%; dan 21,72%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa padat penebaran tidak berpengaruh nyata terhadap parameter koefisien keragaman.

Derajat kelangsungan hidup (KH) merupakan parameter utama dalam produksi biota akuakultur yang dapat menunjukkan keberhasilan produksi tersebut. Jika diperoleh nilai SR yang tinggi pada suatu kegiatan budidaya, maka dapat dikatakan bahwa kegiatan budidaya yang dilakukan telah berhasil. Berdasarkan Tabel 1 derajat kelangsungan hidup elver ikan sidat pada semua perlakuan adalah 100%, karena tidak terjadi kematian selama 60 hari masa pemeliharaan. Tingginya nilai derajat kelangsungan hidup ini disebabkan karena faktor kondisi media pemeliharaan ikan sidat cocok dan sesuai dengan pemeliharaan ikan sidat, kisaran nilai suhu, pH, DO masing-masing 27–31°C; 6,6–7,7; 4,5–8,8 mg/L. Selain itu, tingkat stres yang dialami ikan sidat diduga masih berada pada kadar yang dapat ditoleransi sehingga tidak menyebabkan ikan sidat mati. Hal ini dapat dilihat pada nilai kortisol dan glukosa darah yang berada pada kisaran normal

Tabel 1. Kinerja produksi elver ikan sidat yang dipelihara selama 60 hari pada padat tebar berbeda

Parameter Produksi	Perlakuan padat tebar		
	2 g/L	3g/L	4g/L
Derajat kelangsungan hidup (%)	100±0,00a	100±0,00a	100±0,00a
Laju pertumbuhan spesifik (%)	0,53±0,14a	0,77±0,16a	0,99±0,30a
Laju pertumbuhan biomassa (g/hari)	1,51±0,46a	4,01±2,57ab	7,50±4,13b
Konversi pakan	2,75±0,86a	1,80±0,85a	1,22±0,58a
Koefisien keragaman (%)	31,19±13,85a	26,07±13,95a	21,72±3,60a

*Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5%.

sebesar 18,94–27,26 nmol/L dan 31,92–32,07 mg/dL. Menurut Jentoft *et al.* (2005) kisaran normal ikan tidak mengalami stres yakni sebesar 31,50 nmol/L dan 26,23 mg/dL.

Kepadatan tertinggi pada penelitian ini masih dapat ditolerir, sehingga tidak terjadi persaingan pada ruang gerak dan kesempatan dalam memperoleh pakan. Nilai konversi pakan berbanding terbalik dengan nilai efisiensi pakan. Hasil analisis ragam untuk konversi pakan menunjukkan bahwa padat tebar tidak berpengaruh nyata terhadap konversi pakan. Berdasarkan pengamatan visual, ikan sidat pada padat tebar rendah tidak terlalu respons terhadap pakan yang diberikan. Semakin tinggi padat tebar, respons ikan sidat terhadap pakan semakin tinggi. Semua pakan yang diberikan secara visual termakan dan tidak tersisa, sehingga pada padat tebar tinggi memiliki efisiensi pakan yang tinggi dan nilai FCR yang rendah. Sidat mempunyai bagian yang sangat sensitif terhadap getaran terutama di bagian samping. Bagian tubuh yang sensitif ini membantu pergerakan sidat karena kemampuan penglihatannya kurang baik (Burgerhout, 2011).

Pertumbuhan merupakan salah satu komponen yang penting dalam produktivitas. Dalam artian yang luas pertumbuhan merupakan ekspresi dari penambahan volume, bobot basah, ataupun bobot kering terhadap suatu satuan waktu tertentu. Berdasarkan Tabel 1, laju pertumbuhan bobot spesifik perlakuan padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L memiliki nilai yang sama dengan kisaran yang tidak jauh dari hasil penelitian pada ikan sidat sebelumnya (Karipoglou & Nathanailides 2009; Okorie *et al.*, 2007). Karipoglou dan Nathanailides (2009) melaporkan bahwa laju pertumbuhan ikan sidat Eropa yang dipelihara secara intensif berkisar antara 0,48–0,7% per hari. Pertumbuhan selalu dikaitkan dengan jumlah pakan yang diberikan dan kualitas air dalam wadah pemeliharaan, karena suhu air dan kadar oksigen dalam air mempengaruhi nafsu makan, proses metabolisme dan pertumbuhan. Jika dilihat dari respons terhadap pakan yang diberikan, elver ikan sidat dengan padat tebar tertinggi 4 g/L memiliki jumlah individu yang tinggi yakni sekitar 69 ekor dalam satu wadah. Sifat yang bergerombol menstimulasi ikan sidat untuk mengkonsumsi pakan lebih banyak dibandingkan dengan padat tebar rendah (Huertas & Cerda, 2006). Hal ini terlihat dari tingkah laku sidat yang dilihat secara visual dimana jumlah individu yang tinggi akan memberikan respons yang besar terhadap pakan.

Menurut Huertas dan Cerda (2006), ikan sidat Eropa yang dipelihara pada kepadatan yang lebih tinggi menunjukkan perilaku yang lebih dinamis dengan aktifitas renang dan makan yang lebih tinggi daripada yang dipelihara pada kepadatan yang lebih rendah.

Menurut Burgerhout *et al.* (2013) ikan sidat di alam hidup bergerombol dan cenderung berada di dasar perairan. Diduga, ikan sidat yang dipelihara pada padat tebar yang terlalu rendah mengalami stres. Dalam kondisi stres, nafsu makan ikan semakin menurun dan terjadi peningkatan gangguan fungsi fisiologis yang selanjutnya akan meningkatkan konversi pakan.

Pertumbuhan biomassa merupakan selisih antara biomassa akhir dengan biomassa awal terhadap waktu pemeliharaan. Pertumbuhan biomassa berkaitan erat dengan efisiensi ekonomi karena produk akhir yang dihasilkan adalah elver ikan sidat dalam kilogram. Semakin tinggi kepadatan ikan dengan tingkat kelangsungan hidup yang baik akan memberikan hasil produksi yang maksimal atau menghasilkan biomassa yang tinggi, sehingga jika dihitung secara ekonomi akan memberikan dampak yang positif, hal ini berbeda dengan kepadatan yang rendah. Perlakuan padat tebar 4 g/L memiliki pertumbuhan biomassa tertinggi yakni sebesar 7,50 g/hari, kemudian perlakuan 3 g/L sebesar 4,01 g/hari, sedangkan laju pertumbuhan biomassa terendah terdapat pada perlakuan 2 g/L sebesar 1,51 g/hari. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju pertumbuhan biomassa elver ikan sidat. Hasil uji *Tukey* menunjukkan beda nyata antarperlakuan padat tebar 2 g/L dan 4 g/L. Koefisien keragaman (KK) bobot menggambarkan tingkat keseragaman data pada akhir penelitian, semakin tinggi nilai koefisien keragaman maka tingkat keseragaman data semakin kecil. Koefisien keragaman bobot ikan sidat yang dipelihara pada perlakuan padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L berturut-turut 31,19%; 26,07%; dan 21,72%. Peningkatan padat tebar tidak mempengaruhi koefisien keragaman bobot ikan sidat. Nilai koefisien keragaman dalam percobaan ini berada di atas 20%, nilai menunjukkan tingkat keseragaman yang rendah (Baras *et al.*, 2011). Keseragaman ukuran bobot yang rendah diduga akibat sifat dan kebiasaan makan ikan sidat yang sangat didominasi oleh ikan sidat dengan ukuran bobot yang besar. Oleh karena itu, ikan yang berukuran lebih besar akan lebih mudah memperoleh pakan sedangkan ikan yang lebih kecil akan kalah bersaing.

Parameter darah

Respons stres elver ikan sidat dengan perlakuan padat tebar 2, 3, dan 4 g/L ditunjukkan dengan hasil dari beberapa parameter gambaran darah, glukosa darah, dan kadar kortisol pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, nilai hemoglobin pada masing-masing perlakuan tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai hemoglobin elver ikan sidat. Nilai hemoglobin pada masing-masing perlakuan sebesar 5,19 g/100 mL; 4,55 g/100 mL; dan 4,89 g/100 mL. Nilai hematokrit yang rendah berkorelasi dengan nilai hemoglobin. Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa nilai hematokrit tidak memiliki perbedaan signifikan. Hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai hematokrit elver ikan sidat. Selama pemeliharaan ikan sidat nilai hematokrit yang didapatkan berkisar antara 13,81–16,20%, nilai eritrosit elver ikan sidat pada perlakuan 2 g/L sebesar $1,23 \times 10^6$ sel/mm³; perlakuan 3 g/L sebesar $1,21 \times 10^6$ sel/mm³; dan perlakuan 4 g/L sebesar $1,28 \times 10^6$ sel/mm³.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai eritrosit elver ikan sidat, nilai leukosit elver ikan sidat tertinggi terdapat pada perlakuan 2 g/L dan 3 g/L yakni sebesar $3,60 \times 10^5$ sel/mm³; dan $3,50 \times 10^5$ sel/mm³. Nilai leukosit terendah terdapat pada perlakuan 3 dan 4 g/L sebesar $3,60 \times 10^5$ sel/mm³ dan $2,70 \times 10^5$ sel/mm³. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai leukosit elver ikan sidat. Hasil uji *Tukey* menunjukkan beda nyata antarperlakuan padat tebar 2 g/L dan 4 g/L namun sama dengan perlakuan 3 g/L, nilai monosit pada perlakuan 4 g/L sebesar 5,57%, diikuti dengan perlakuan 3 g/L sebesar 4,76% dan perlakuan 2 g/L sebesar 5,12%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai monosit elver ikan sidat ($P > 0,05$), nilai limfosit masing-masing perlakuan tidak memiliki perbedaan yang nyata ($P > 0,05$). Nilai limfosit selama pemeliharaan berkisar antara 90,90–92,05%. Berdasarkan Tabel 3, nilai neutrofil tidak memiliki rentang nilai yang berbeda jauh antarperlakuan.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai neutrofil elver ikan sidat ($P > 0,05$). Nilai neutrofil selama pemeliharaan

berkisar antara 3,10–3,98%. Berdasarkan Tabel 2, kadar glukosa darah selama penelitian berkisar antara 31,92–32,07 mg/dL. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa elver ikan sidat ($P > 0,05$). Berdasarkan Tabel 2 kadar kortisol masing-masing perlakuan sebesar 27,26 nmol/L; 18,94 nmol/L; dan $22,45 \pm 8,59$, perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kadar kortisol elver ikan sidat.

Secara umum respons stres ikan sidat dapat dilihat dari data analisis gambaran darah, glukosa darah, dan kadar kortisol. Hal ini didukung oleh pernyataan Caruso *et al.* (2005), perubahan gambaran darah dan kimia darah baik secara kualitatif maupun kuantitatif dapat menentukan kondisi ikan atau status kesehatannya. Penyimpangan kondisi fisiologis ikan akan menyebabkan komponen-komponen darah juga mengalami perubahan.

Hemoglobin adalah protein dalam eritrosit yang tersusun atas protein globin tidak berwarna dan pigmen heme yang dihasilkan dalam eritrosit. Peningkatan kadar hemoglobin menunjukkan ikan berada dalam keadaan stres. Kemampuan darah untuk mengangkut oksigen bergantung pada kadar Hb dalam darah (Caruso *et al.*, 2005).

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa kadar hemoglobin pada masing-masing perlakuan tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan ($P > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kadar hemoglobin dalam darah ikan sidat pada kepadatan rendah dan tinggi adalah sama, artinya tidak menyebabkan gangguan pada transpor darah keseluruhan tubuh. Hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen pada saat darah mengalir ke seluruh tubuh. Hemoglobin melepaskan oksigen ke sel dan mengikat karbondioksida. Banyaknya oksigen yang diterima oleh jaringan tergantung pada kadar dan fungsi hemoglobin yang tersedia. Apabila kadar oksigen rendah maka kemampuan hemoglobin dalam transpor darah akan berkurang. Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 4,5–8,8 mg/L, nilai ini sangat mendukung pertumbuhan ikan sidat, karena berada pada kisaran normal yakni > 3 ppm (Herianti, 2005). Nilai hemoglobin dan kadar oksigen yang dihasilkan dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa ikan sidat masih berada pada status kesehatan normal, atau tidak mengalami gangguan fisiologis bahkan pada kepadatan tertinggi.

Hematokrit atau *packed cell volume* (PVC) adalah volume eritrosit dalam 100 mL darah

atau perbandingan antara eritrosit dengan plasma darah yang dinyatakan dalam %. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai hematokrit tidak memiliki perbedaan signifikan ($P>0,05$). Selama pemeliharaan ikan sidat nilai hematokrit yang didapatkan berkisar antara 13,81–16,20%. Secara umum, kadar hematokrit dalam darah ikan sidat berada dalam kisaran 26–36% (Ren *et al.*, 2005; Van Geineken *et al.*, 2005). Secara umum nilai hematokrit mengalami peningkatan seiring bertambahnya padat tebar. Menurut Jawad *et al.* (2004), kadar hematokrit ikan teleost dipengaruhi oleh jenis kelamin, ukuran tubuh dan masa pemijahan.

Nilai eritrosit menggambarkan kinerja beberapa komponen darah lainnya seperti hematokrit dan hemoglobin. Jumlah eritrosit ikan sidat perlakuan padat tebar 2, 3, dan 4 g/L dapat dilihat pada Tabel 2. Peningkatan padat tebar tidak mempengaruhi jumlah eritrosit ikan sidat. Jumlah eritrosit ikan sidat selama penelitian berkisar antara $1,21\text{--}1,28 \times 10^6$ sel/mm³. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai eritrosit ikan sidat ($P>0,05$). Peningkatan nilai eritrosit diduga karena ikan sidat melakukan proses adaptasi fisiologis menuju kepada kondisi homeostasis, akan tetapi nilai eritrosit yang meningkat bukan berarti ikan berada pada status kesehatan sakit, karena ikan sidat merupakan ikan yang sangat kuat dengan kondisi perubahan lingkungan. Hal ini terbukti kadar eritrosit dengan semakin meningkatnya padat tebar menunjukkan hasil yang sama dengan padat tebar rendah, selain itu dengan semakin tinggi padat tebar, ikan sidat diduga semakin mendekati kondisi nyaman, karena secara tingkah laku ikan sidat adalah

bergerombol atau *schooling* (Burgerhout *et al.*, 2013). Menurut Andayani *et al.* (2009), ikan sidat ukuran 1–2 g memiliki kadar eritrosit $2,0 \times 10^6$ sel/mm³ sedangkan ikan sidat berukuran 204,1 g/ekor memiliki kadar eritrosit $3,4 \times 10^6$ sel/mm³. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai eritrosit pada hasil penelitian ini masih berada pada kisaran nilai eritrosit normal untuk ikan sidat stadia elver.

Sel darah putih atau leukosit merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh ikan yang bersifat nonspesifik termasuk di dalamnya monosit, granulosit, dan sel-sel *cytotoxic* nonspesifik (Fraser *et al.*, 2012). Jumlah sel darah putih lebih sedikit dibandingkan dengan sel darah merah. Secara normal pada individu yang sehat jumlah sel darah putih di dalam darah adalah 1% dari total jumlah darah. Sel darah putih tidak berwarna, jumlahnya setiap mm³ berkisar 20.000–150.000 butir (Affandi & Tang, 2002). Berdasarkan Tabel 2c jumlah leukosit elver ikan sidat selama penelitian berkisar antara $2,73\text{--}3,60 \times 10^5$ sel/mm³. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai leukosit elver ikan sidat ($P<0,05$). Menurut Fekri (2014), ikan sidat ukuran 1–2 g memiliki kadar leukosit $0,3 \times 10^5$ sel/mm³. Ikan sidat berukuran 204,1 g/ekor memiliki kadar leukosit sebesar $0,8 \times 10^5$ sel/mm³ (Andayani *et al.*, 2009). Nilai leukosit pada cenderung mengalami penurunan seiring meningkatnya padat tebar. Hal ini mengindikasikan bahwa ikan sidat tidak mengalami gangguan fagositosis atau *stressor* lingkungan yang menyebabkan peningkatan kadar sel darah putih. Peningkatan sel darah putih dapat disebabkan oleh penyakit, infeksi, parasit, stres akibat penanganan dan pengaruh lingkungan nilai leukosit yang rendah menunjukkan bahwa

Tabel 2. Data parameter respons stres elver ikan sidat yang dipelihara selama 60 hari pada padat tebar berbeda

Parameter respons stres	Perlakuan padat tebar		
	2 g/L	3 g/L	4 g/L
Kadar kortisol (nmol/L)	27,26±10,09a	18,94±15,12a	22,45±8,59a
Gukosa darah (mg/dL)	32,07± 4,33a	26,42±3,03a	31,92±4,29a
Hemoglobin (g/100mL)	5,19±0,84a	4,55±0,49a	4,89±0,26a
Hematokrit (%)	15,40±2,68a	13,81±5,47a	16,20±1,33a
Sel darah merah ($\times 10^6$ sel/mm ³)	1,23± 0,1a	1,21±0,09a	1,28±0,05a
Sel darah putih ($\times 10^5$ sel/mm ³)	3,60±0,01a	3,51±0,01ab	2,73±0,002b
Monosit (%)	5,12±1,40a	4,76±0,92a	5,57±0,71a
Limfosit (%)	90,90±1,82a	92,05±1,67a	91,38±1,00a
Neutrofil (%)	3,98±0,42a	3,19±0,79a	3,10±0,36a

*Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

ikan berada dalam kondisi kesehatan atau respons imun yang baik (Caruso *et al.*, 2005; Haenen *et al.*, 2010).

Parameter diferensial leukosit yang diamati pada penelitian ini meliputi monosit, limfosit, dan neutrofil. Nilai monosit menggambarkan kerja sistem fagositik yang berperan sebagai makrofag dalam memfagositik partikel asing yang masuk ke dalam jaringan. Nilai monosit ikan sidat selama pemeliharaan berkisar antara 4,76–5,57%. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai monosit elver ikan sidat ($P>0,05$). Peningkatan padat tebar berpengaruh sama terhadap nilai diferensial leukosit. Nilai ini cenderung mengalami peningkatan seiring meningkatnya padat tebar, namun peningkatan ini diduga masih berada pada kisaran normal, sehingga sistem pertahanan tubuh tidak terganggu. Selain monosit, dilakukan juga analisis terhadap nilai limfosit dan neutrofil. Limfosit merupakan sel yang berfungsi mengenali berbagai antigen, baik intraseluler maupun ekstraseluler. Sel ini sangat berperan dalam sistem imun spesifik. Nilai limfosit masing-masing perlakuan tidak memiliki perbedaan yang nyata ($P>0,05$). Nilai limfosit selama pemeliharaan berkisar antara 90,90–92,05%. Menurut Andayani *et al.* (2009) ikan sidat berukuran 204,1 g/ekor memiliki kadar limfosit sebesar 68,75%. Pohlenz *et al.* (2012) menyatakan bahwa perbanyakan limfosit ditentukan oleh keberadaan asam amino, dan limfosit berperan dalam diferensiasi plasma sel dan sintesis imunoglobulin. Berdasarkan data pada Tabel 3 terlihat bahwa sampai dengan kepadatan 4 g/L tidak memberikan efek negatif terhadap penurunan kadar limfosit, artinya ikan tidak mengalami stres.

Neutrofil umum ditemukan sebagai sel fagositik pertama yang tiba di lokasi infeksi dan berperan dalam pembunuhan serta degradasi mikroorganisme sebagaimana yang dilakukan dalam penyembuhan luka (Fraser *et al.*, 2012). Neutrofil merupakan bagian dari granulosit yang merupakan bagian dari leukosit, neutrofil dan eunifil adalah bagian umum yang banyak ditemukan pada spesies ikan. Berdasarkan Tabel 2, nilai neutrofil tidak memiliki rentang nilai yang berbeda jauh antarperlakuan. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai neutrofil elver ikan sidat ($P>0,05$). Nilai neutrofil selama pemeliharaan berkisar antara 3,10–3,98%. Menurut Andayani *et al.* (2009)

ikan sidat berukuran 204,1 g/ekor memiliki kadar neutrofil sebesar 3,12%. Hal ini menunjukkan bahwa, peningkatan kepadatan yang di berikan pada perlakuan tidak memberikan efek yang negatif terhadap aktivitas neutrofil. Nilai neutrofil masih berada pada kisaran normal untuk status kesehatan ikan. Selain itu sifat ikan sidat yang sering bergerak bersama dan membuat suatu komunitas atau kumpulan yang membuat sistem pertahanan tubuh terhadap perubahan respons fisiologis dapat ditolerir.

Glukosa darah merupakan salah satu respons stres pada ikan. Respons stres primer ditunjukkan dengan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglisemia). Hiperglisemia merupakan indikator terjadinya stres awal, karena tingkat glukosa darah sangat sensitif terhadap hormon stres. Makin tinggi kadar glukosa darah mengindikasikan meningkatnya level stres akibat perlakuan yang diberikan. Pada level stres yang sangat tinggi, peningkatan yang cepat dari konsentrasi glukosa darah dan bertahan pada level tinggi akan diikuti dengan kematian ikan (Jentoft *et al.*, 2005).

Berdasarkan Tabel 2, kadar glukosa darah selama penelitian berkisar antara 31,92–32,07 mg/dL. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa elver ikan sidat ($P>0,05$). Menurut Fekri (2014), ikan sidat ukuran 1–2 g memiliki nilai glukosa darah sebesar 15,4 mg/dL. Kadar glukosa dalam plasma ikan yang tidak mengalami stres adalah berkisar 29–43 mg/dL (Tavares & Moraes, 2007). Nilai glukosa darah yang dihasilkan berada jauh di atas nilai glukosa darah pada penelitian Fekri (2014). 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). Peningkatan nilai glukosa darah ini masih berada pada kisaran toleransi ikan sidat karena secara sifatnya di alam ikan sidat membutuhkan gerombolan yang besar dalam menjaga kenyamanan dalam wadah budidaya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Burgerhout *et al.* (2013), bahwa ikan sidat terbiasa hidup dengan komunitas yang besar, bergerombol dan cenderung berada di dasar perairan.

Berdasarkan Tabel 2, kadar kortisol selama penelitian berkisar antara 18,94–27,26 nmol/L. Kadar kortisol pada ikan *rainbow trout* yang mengalami stres dapat mencapai 200 ng/mL, sedangkan pada kondisi normal nilainya tidak lebih dari 50 ng/mL (Jentoft *et al.*, 2005). Hasil

analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh terhadap kadar kortisol elver ikan sidat ($P > 0,05$). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar kortisol dan glukosa meningkat setelah diberi perlakuan. Jentoft *et al.* (2005) mengamati kortisol ikan *rainbow trout* mengalami peningkatan tiga kali lebih besar saat terkena perlakuan wadah yang bersih dan kejutan listrik.

Pada sisi lain seperti yang dinyatakan sebelumnya, hormon stres seperti katekolamin, kortisol dan lain sebagainya dapat dipengaruhi oleh faktor internal atau kondisi eksternal (anoxia, polusi, stres nutrisi, stres fisik). Menurut Branson *et al.* (2008), penyebab stres diakibatkan oleh perubahan lingkungan, penanganan/*handling*, dan penangkapan dan penangkapan (*capture*) dengan pukut harimau, *trammel net*, dan *gill net*, selain memberikan kenyamanan dengan memberikan gerombolan ikan dengan biomassa tinggi, syarat lain yang harus dipenuhi dalam rangka meminimalisir tingkat stres adalah nilai nutrisi pakan dan faktor lingkungan yang sesuai selama pemeliharaan.

Kualitas air

Parameter kualitas air yang diukur dalam penelitian ini meliputi suhu, pH, DO, amonia, nitrit, dan alkalinitas (Tabel 3). Data kualitas air selama penelitian berada pada kisaran yang sesuai dengan kriteria pemeliharaan ikan sidat. Hal ini menunjukkan bahwa parameter kualitas air yang diukur selama penelitian termasuk pada kategori layak sehingga tidak berdampak negatif pada ikan uji.

Pertumbuhan selalu dikaitkan dengan jumlah pakan yang diberikan dan kualitas air dalam wadah pemeliharaan karena suhu air dan kadar oksigen dalam air mempengaruhi nafsu makan, proses metabolisme, serta pertumbuhan. Suhu

pada media pemeliharaan ikan sidat selama penelitian berkisar antara 27–31 °C (Tabel 4). Kondisi tersebut masih dalam kisaran normal seperti yang dinyatakan Luo *et al.* (2013), bahwa suhu optimal yang menghasilkan laju pertumbuhan terbaik adalah 28–33 °C, terutama untuk ikan sidat muda. Suhu merupakan salah satu faktor fisika perairan yang sangat penting dan berpengaruh bagi pertumbuhan ikan. Ikan merupakan hewan berdarah dingin sehingga suhu berpengaruh langsung pada laju metabolisme ikan. Perubahan suhu dapat menyebabkan perubahan laju metabolisme ikan, semakin tinggi suhu media maka laju metabolisme ikan juga akan meningkat sehingga nafsu makan ikan meningkat. Peningkatan nafsu makan selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan.

Kandungan oksigen terlarut (DO) selama penelitian (4,5–8,8 mg/L) masih dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan ikan sidat sesuai dengan pernyataan Herianti (2005) yaitu lebih besar dari 3 mg/L. Kandungan oksigen terlarut dapat membantu oksidasi bahan buangan dan pembakaran makanan untuk menghasilkan energi bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan sidat. Konsentrasi DO dalam wadah pemeliharaan dengan sistem resirkulasi merupakan aspek penting karena bukan hanya ikan yang berperan sebagai pengonsumsi oksigen namun bakteri nitrifikasi yang hidup di dalam sistem juga membutuhkan oksigen.

Nilai pH selama penelitian berkisar 6,6–7,7 (Tabel 4). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai pH optimum untuk pemeliharaan ikan sidat berada pada kisaran 6,0–8,0 (Tseng & Wu, 2004; Edeline & Elie, 2004; El-Shebly *et al.*, 2007). Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. Selain itu, pH juga dapat mempengaruhi struktur insang serta aktivitas enzim pada organ insang

Tabel 3. Kisaran kualitas air (suhu, pH, DO, NH₃, nitrit, dan alkalinitas) selama pemeliharaan dengan padat tebar 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L

Parameter	Perlakuan			Kisaran optimal
	2 g/L	3 g/L	4 g/L	
Suhu (°C)	27–31	27–31	27–31	28–33 (Luo <i>et al.</i> , 2013)
pH	6,8–7,7	6,6–7,7	6,6–7,7	6,0–8,0 (Tseng & Wu, 2004)
<i>Dissolved oxygen</i> (mg/L)	4,8–7,8	4,8–8,1	4,5 – 8,8	>3 (Herianti, 2005)
Amonia (mg/L)	0,0003–0,0084	0,0003–0,0106	0,0012–0,0140	<0,12 (Tseng & Wu, 2004)
Nitrit (mg/L)	0,003–0,146	0,002–0,154	0,011–0,309	0,1 (Luo <i>et al.</i> , 2013)
Alkalinitas (mg/L)	88–200	104–176	56–176	58–123 (Chaudhary & Pillai, 2008)

Keterangan: perbedaan yang nyata di antara perlakuan diindikasikan dengan huruf yang berbeda ($P < 0,05$).

sehingga dapat mempengaruhi tingkat konsumsi oksigen. Apabila tingkat konsumsi oksigen menurun maka produksi energi (laju biosintase) akan menurun sehingga kebutuhan energi untuk aktivitas untuk aktivitas proses biosintesis akan menurun juga (Affandi & Tang, 2002).

Kandungan amonia (NH_3) selama pemeliharaan ikan sidat berkisar 0,0003–0,0140 mg/L (Tabel 4). Menurut Tseng dan Wu (2004), serta Eshchar *et al.* (2006), kisaran normal amonia untuk pemeliharaan ikan sidat yaitu lebih kecil dari 0,12 mg/L. Kandungan amonia dalam perairan juga dipengaruhi oleh nilai suhu dan pH. Semakin tinggi nilai pH dan suhu maka nilai amonia juga semakin tinggi. Amonia yang terakumulasi pada media air pemeliharaan akan teroksidasi menjadi nitrit. Amonia yang terakumulasi dalam media pemeliharaan sangat beracun bagi ikan karena dapat merusak jaringan insang ikan. Konsentrasi amonia yang sangat tinggi dalam perairan dapat mengakibatkan penurunan ekskresi amonia oleh ikan, sehingga amonia terakumulasi di dalam darah dan insang. Akumulasi amonia dalam darah dapat menyebabkan kemampuan darah dalam mentransportasikan oksigen berkurang (Li & Liu, 2013).

Nitrit bersifat lebih tidak beracun dibandingkan amonia dengan kadar toleransi 0,4–0,8 mg/L (Li & Liu, 2013). Nilai nitrit selama pemeliharaan berkisar antara 0,002–0,309 mg/L (Tabel 4). Nilai ini masih dibawah kisaran maksimal bagi pemeliharaan ikan sidat. Nitrit (NO_2) merupakan zat terlarut dan senyawa *intermediate* antara NH_3 dan NO_3 yang pembentukannya dipengaruhi oleh keberadaan oksigen terlarut di perairan.

Nilai alkalinitas selama pemeliharaan berkisar 56–200 mg/L CaCO_3 . Nilai alkalinitas selama pemeliharaan tersebut juga menunjukkan kondisi media pemeliharaan yang masih stabil. Perairan yang mengandung alkalinitas lebih dari 20 mg/L menunjukkan bahwa perairan tersebut relatif stabil terhadap perubahan asam dan basa sehingga kapasitas *buffer* lebih stabil (Bhatnagar, 2013). Alkalinitas berkaitan erat dengan pH perairan, yaitu peningkatan alkalinitas dan penurunan CO_2 bebas cenderung akan diikuti oleh peningkatan pH.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa padat tebar ikan sidat 4 g/L dalam sistem resirkulasi menghasilkan kinerja fisiologis dan produksi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi R, Tang M. 2002. Fisiologi Hewan Air. Jakarta: Unri Press.
- Andayani S, Marsoedi, Sanoesi E, Wilujeng AE, H Suprastiani. 2009. Profil Hematologi Beberapa Spesies Ikan Air Tawar Budidaya. Malang: UB Press.
- Angelidis P, Pournara I, Photis G. 2005. Glass eels *Anguilla anguilla* growth in a recirculating system. Mediterranean Marine Science 6: 99–106.
- 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: 260–276.
- Bergwerff AA, Kuiper RV, Scherpenisse P. 2004. Persistence of residues of malachite green in juvenile eels *Anguilla anguilla*. Aquaculture 233: 55–63.
- Bhatnagar A, Devi P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International Journal of Environmental Sciences 3: 1.980–2.009.
- Blaxhall PC. 1971. The haematological assessment of the health of freshwater fish. A review of selected literature. Journal of Fish Biology 4: 593–608.
- Branson EJ. 2008. Fish Welfare. Oxford: Blackwell Publishing.
- Burgerhout E, Brittijn SA, Kurwie T, Decker P, Dirks RP, Palstra AP, Spaink HP, Van den Thillart GE. 2011. First artificial hybrid of the eel species *Anguilla australis* and *Anguilla anguilla*. Biomedic Central Developmental Biology 11: 1–6.
- Caruso G, Genovese L, Maricchiolo G, Modica A. 2005. Haematological, biochemical and immunological parameters as stress indicators in *Dicentrarchus labrax* and *Sparus aurata* farmed in off-shore cages. Aquaculture International 13: 67–73.
- Chaudhary R, Pillai RS. 2008. Studies on the physico-chemical parameters of Sasthamcottah lake (India) with reference to suitability for aquaculture. Journal of Environmental Research and Development 2: 402–405.
- Edeline E, Elie P. 2004. Is salinity choice related to growth in juvenile eel *Anguilla anguilla*? Cybium 28 Supplement 1: 77–82.

- El-Shebly AA, El-Kady MA, Hossain MY. 2007. A preliminary observation on the pond culture of European eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) in Egypt: recommendations for future studies. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 1.050–1.055.
- Eshchar M, Lahav O, Mozes N, Peduel A, Ron B. 2006. Intensive fish culture at high ammonium and low pH. *Aquaculture* 255: 301–313.
- Fekri L, Affandi R, Budiardi T. 2014. Tingkat pemberian pakan sidat *Anguilla bicolor bicolor*: at the body weight of 1–2 g. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 13: 21–27.
- Fraser TWK, Ronneseth A, Haugland GT, Fjellidal PG, Mayer I and HI. Wergeland HI. 2012. The effect of triploidy and vaccinations on neutrophils and B-cells in the peripheral blood and head kidney of 0+ and I+ Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts. *Fish and Shellfish Immunology* 33: 60–66.
- Haenen OLM, Lehmann J, Engelsma MY, Stürenberg FJ, Roozenburg I, Kerkhoff S, Breteler JK. 2010. The health status of European silver eels *Anguilla anguilla* in the Dutch River Rhine Watershed and Lake IJsselmeer. *Aquaculture* 309: 15–24.
- Herianti I. 2005. Rekayasa lingkungan untuk memacu perkembangan ovarium ikan sidat *Anguilla bicolor*. *Jurnal Oseanologi Limnologi Indonesia* 37: 25–41.
- Huertas M, Cerdà J. 2006. Stocking density at early developmental stages affects growth and sex ratio in the European eel *Anguilla anguilla*. *The Biological Bulletin* 211: 286–296.
- Jawad LA, Al-Mukhtar MA, Ahmed HK. 2004. The relationship between haematocrit and some biological parameter of the Indian shad *Tenuloalosa ilisha* (Family Clupeidae). *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 47–52.
- Jentoft S, Aastveit AH, Torjesen PA, Andersen O. 2005. Effects of stress on growth, cortisol, and glucose levels in non-domesticated Eurasian perch *Perca fluviatilis* and domesticated rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 141: 353–358.
- Jobling M. 2010. RR. *Stickney: Aquaculture: An introductory text*, 2nd ed. *Aquaculture International* 18: 711–712.
- Karipoglou C, Nathanailides C. 2009. Growth rate and feed conversion efficiency of intensively cultivated European eel *Anguilla anguilla* L. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 1: 11–13.
- Lee J. 2010. Serial particle size fractionation and water quality in a recirculating aquaculture system for eel. *Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 133–139.
- Li D, Liu S. 2013. Remote monitoring of water quality for intensive fish culture. *Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring, Smart Sensors, Measurement and Instrumentation* 4: 217–238.
- 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.
- Martins CIM, Eding EH, Verdegem MC, Heinsbroek LT, Schneider O, Blancheton JP, d'Orbcastel ER, Verreth JAJ. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering* 43: 83–93.
- NRC. 2011. *Nutrient requirement of warmwater fishes and shellfishes*. Washington DC: National Academy of Science Press.
- Okorie OE, Kim YC, Lee S, Bae JY, Yoo JH, Han K, Sungchul CB. 2007. Reevaluation of the dietary protein requirements and optimum dietary protein to energy ratios in Japanese eel *Anguilla japonica*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38: 418–426.
- Pohlenz C, Buentello A, Criscitiello MF, Mwangi W, Smith R and Gatlin III DM. 2012. Synergies between vaccination and dietary arginine and glutamine supplementation improve the immune response of Channel catfish against *Edwardsiella ictaluri*. *Fish and Shellfish Immunology* 33: 543–551.
- Purwanto J. 2007. Pemeliharaan ikan sidat *Anguilla bicolor* dengan padat tebar yang berbeda. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur* 6: 85–89
- Ren T, Koshio S, Teshima SI, Alam S, Panganiban A, Moe YY, Kojima T, Tokumitsu H. 2005. Optimum dietary level of L-ascorbic acid for Japanese eel *Anguilla japonica*. *Journal of the World Aquaculture Society* 36: 437–443.
- Rusmaedi PO, Rasidi, Subamia IW. 2010. Pendederan sidat *Anguilla bicolor* sistem resirkulasi dalam bak beton. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur* 2010.
- Suitha IM. 2008. Teknik Pendederan Elver/Glass Eel Ikan Sidat. *Makalah Seminar Indonesian Aquaculture* 2008. 17–20 November di

- Inna Grand Hotel, Yogyakarta. Departemen Kelautan dan Perikanan, Indonesia.
- Tavares-Dias M, Moraes FR. 2007. Haematological and biochemical reference intervals for farmed Channel catfish. *Journal of Fish Biology* 71: 383–388.
- Tseng KF, Wu KL. 2004. The ammonia removal cycle for a submerged biofilter used in a recirculating eel culture system. *Aquacultural Engineering* 31: 17–30.
- Van Ginneken V, Ballieux B, Willemze R, Coldenhoff K, Lentjes E, Antonissen E, Haenen O, van G, van den Thillart GEEJM. 2005. Hematology patterns of migrating European eels and the role of EVEX virus. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology* 140: 97–102.
- 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.