

Respon Glukosa Darah Ikan Betok (*Anabas testudineus*) Terhadap Stres Padat Tebar

The Response of Blood Glucose of Climbing Gouramy (Anabas testudineus) on Stocking Density Stress

Ricky Djauhari¹⁾, Matling¹⁾, Shinta Sylvia Monalisa¹⁾, Eria Sianturi²⁾

¹⁾Staf Pengajar pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Palangka Raya

²⁾Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Palangka Raya

Email: djrickyaku@gmail.com

Diterima : 6 Oktober 2019. Disetujui : 12 November 2019

ABSTRACT

This research was conducted with the aim to evaluate the performance of blood glucose of Climbing Gouramy (*Anabas testudineus*) in response to stocking density stress. Fish weighing an average of 2.21 g with a weight of 27 individuals were given stocking density stress by inserting them into 9 cylindrical containers of 200.96 cm² width and 3 L volume of peat water with stocking differently for 72 hours. These stocking density treatments are A (2 fishes/0.02 m²), B (3 fishes/0.02 m²) and C (4 fishes/0.02 m²) with three replicates. Blood glucose collected from 1 fish per container at 72 hours. The preliminary test was conducted to determine the oxygen demand of fish through the oxygen consumption level test which can then be calculated oxygen demand from the fish in accordance with the density used. The average value of blood glucose levels of Climbing Gouramy that were given the stress of stocking density 2 fishes / 0.02 m², 3 fishes / 0.02 m² and 4 fishes / 0.02 m² tends to be low, that is 53 mg / dL, 52.67 mg / dL and 49.33 mg / dL respectively. The response of blood glucose to stocking density stress results in stocking recommendations for culture Climbing Gouramy ranging from 100-200 fish / m².

Keywords : Blood glucose, Climbing Gouramy, *Anabas testudineus*, stress, stocking density.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui performa glukosa darah ikan Betok (*Anabas testudineus*) dalam merespons stres padat tebar. Ikan berbobot rata-rata 2,21 g sebanyak 27 ekor diberi stres padat tebar dengan cara dimasukkan ke dalam 9 buah wadah silinder luas 200,96 cm² dan volume 3 L air gambut yang berbeda padat tebar selama 72 jam. Perlakuan stres padat tebar tersebut adalah A (2 ekor/0,02 m²), B (3 ekor/0,02 m²) dan C (4 ekor/0,02 m²) dengan tiga ulangan. Glukosa darah diukur dari 1 ekor ikan per wadah pada jam ke-72. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan oksigen ikan betok melalui uji tingkat konsumsi oksigen yang selanjutnya dapat dihitung kebutuhan oksigen dari ikan betok sesuai dengan kepadatan yang digunakan. Nilai rata-rata kadar glukosa darah ikan betok yang diberi stres padat tebar 2 ekor/0,02 m², 3 ekor/0,02 m² dan 4 ekor/0,02 m² cenderung rendah, yaitu masing-masing 53 mg/dL, 52,67 mg/dL dan 49,33 mg/dL. Respons glukosa darah terhadap stres padat tebar menghasilkan rekomendasi padat tebar pemeliharaan ikan betok berkisar 100-200 ekor/m².

Kata kunci : Glukosa darah, ikan Betok, *Anabas testudineus*, stres, padat tebar.

PENDAHULUAN

Ikan betok (*Anabas testudineus*) merupakan salah satu jenis ikan hidup di ekosistem rawa banjiran (*floodplain*) yang memegang peranan penting dalam menghasilkan berbagai jenis ikan air tawar ekonomis penting. Ikan ini umumnya hidup liar di perairan tawar sebagai salah satu jenis ikan penetap (*blackfishes*). Ikan Betok termasuk jenis ikan lokal air tawar Indonesia yang banyak tersebar di beberapa perairan umum Pulau Kalimantan, Sumatera dan Jawa

(Karmila *et al.* 2012). Harga ikan Betok di pasar Indonesia berkisar antara Rp 40.000-60.000/kg, merupakan ikan konsumsi di pasaran Asia dan biasanya dijual dalam bentuk hidup (Pellokila 2009).

Keberhasilan budidaya ikan dipengaruhi oleh sifat fisiologi ikan sendiri, ukuran ikan, kebugaran (kualitas ikan), kualitas air (suhu, DO, pH, CO₂ dan amonia), kepadatan ikan dalam wadah, teknik mobilitas dengan menggunakan suhu rendah atau bahan kimia serta metabolit alam dan lama pengangkutan

(Suryaningrum 2000). Pada kenyataan dalam melakukan kegiatan budidaya ikan hidup selalu terjadi kompetisi penggunaan ruang dan pemanfaatan oksigen yang tersedia (Berka 1986).

Peningkatan padat tebar akan menyebabkan stres yang menginduksi pada tingginya tingkat glukosa darah, selanjutnya mengganggu pertumbuhan bahkan mematikan. Glukosa darah merupakan sumber pasokan bahan bakar utama dan substrat esensial untuk metabolisme sel terutama sel otak. Untuk berfungsinya otak secara kontinyu dibutuhkan glukosa secara terus menerus (Steward 1991). Pada hewan poikilotermik termasuk ikan betok, peningkatan padat tebar akan berpengaruh langsung terhadap proses metabolisme. Kebutuhan energi dari glukosa untuk menangani stres dapat terpenuhi apabila glukosa dalam darah dapat segera masuk ke dalam sel target. Keberhasilan pasok glukosa ke dalam sel ditentukan oleh kinerja insulin. Sedangkan selama stres terjadi inaktivasi insulin sehingga menutup penggunaan glukosa oleh sel (Brown 1993; Wendelaar 1997).

Konsumsi oksigen merupakan kuantifikasi oksigen yang dibutuhkan oleh suatu organisme hidup (ikan). Konsumsi oksigen pada ikan digunakan sebagai parameter laju metabolisme pada ikan dalam satuan $\text{mg O}_2/\text{g/jam}$ (Julian 2003). Penggunaan konsumsi oksigen sangat dipengaruhi oleh kepadatan ikan betok. Oksigen dibutuhkan oleh organisme untuk membantu proses metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Oksigen yang masuk tersebut mengalami proses respirasi insang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wibowo *et al.* (1987) yang menyatakan bahwa pada suhu $21-27^\circ\text{C}$ cenderung terjadi peningkatan metabolisme sehingga respirasi meningkatkan ekskresi amonia. Kandungan oksigen terlarut menunjukkan penurunan dengan makin meningkatnya tingkat kepadatan dan lama waktu transportasi. Hal ini membuktikan bahwa tingkat konsumsi oksigen sangat dipengaruhi oleh faktor kepadatan sehingga dari kajian tersebut dapat disimpulkan peranan faktor kepadatan. Menurut Fujaya (1999), faktor biotik seperti aktivitas, bobot tubuh, umur, stresor dan puasa memengaruhi tingkat metabolisme yang selanjutnya akan mempengaruhi laju konsumsi oksigennya.

Peningkatan kepadatan menyebabkan penurunan kualitas air selama budidaya. Hal ini terlihat dari kondisi visual air selama pemeliharaan air media agak keruh, berlendir

dan respons ikan terhadap perubahan lingkungan suhu, oksigen terlarut, serta peningkatan metabolisme ikan ditunjukkan oleh perubahan warna (Suryaningrum 2000). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa glukosa darah ikan betok dalam merespons peningkatan padat tebar sehubungan dengan intensifikasi akuakultur. Informasi ini bermanfaat untuk mengetahui tingkat stres yang dialami ikan, sehingga membuka kemungkinan jalur penanggulangan gangguan pertumbuhan pascastres padat tebar. Sehubungan dengan hal tersebut di atas diperlukan juga informasi fisiologis untuk memecahkan masalah tersebut dengan melakukan penelitian tentang tingkat konsumsi oksigen pada benih ikan betok.

METODE PENELITIAN

Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Betok (*Anabas testudineus*) dengan bobot rata-rata 2,21 g. Ikan untuk uji glukosa darah ini dipelihara selama 72 jam dan dipuasakan 48 jam sebelum pengambilan sampel darah. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga perlakuan yaitu padat tebar 2 ekor/ $0,02 \text{ m}^2$ atau 100 ekor/ m^2 (A), padat tebar 3 ekor/ $0,02 \text{ m}^2$ atau 150 ekor/ m^2 (B) dan padat tebar 4 ekor/ $0,02 \text{ m}^2$ atau 200 ekor/ m^2 masing-masing tiga kali ulangan. Ikan dipelihara pada wadah berupa galon plastik dengan ukuran 5 L yang didalamnya diisi 3 L air.

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan oksigen ikan betok melalui uji tingkat konsumsi oksigen (TKO) yang selanjutnya dapat dihitung kebutuhan oksigen dari ikan betok sesuai dengan kepadatan yang digunakan. Dari nilai difusi oksigen yang berasal dari titik aerasi dapat dihitung peningkatan oksigen sebelum dan sesudah diberi titik aerasi. Setelah itu dihitung peningkatan oksigen per jam pada wadah budidaya yang dihasilkan oleh titik aerasi dan kemudian dikurangi dengan konsumsi oksigen ikan betok per jamnya. Data ini selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan oksigen minimum yang harus terpenuhi di dalam wadah budidaya. Untuk uji TKO menggunakan wadah berupa galon plastik dengan ukuran 5 L yang didalamnya diisi 3 L air dan diaerasi kencang selama 24 jam untuk mendapatkan nilai oksigen terlarut jenuh. Proses selanjutnya adalah pengambilan ikan betok dengan jumlah dua ekor ikan betok berukuran rata-rata 1,91 g/ekor. Pengukuran oksigen

terlarut awal pada media dilakukan dengan menggunakan DO-meter. Selanjutnya hewan uji tersebut dimasukkan ke dalam wadah dan ditutup rapat dengan tujuan untuk menghindari kontak langsung antara udara dengan permukaan air wadah. Selanjutnya diamati penurunan kadar oksigen terlarut setiap satu jam selama 4 jam yang kemudian akan dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai konsumsi oksigen per bobot ikan per satuan waktu.

Tingkat konsumsi oksigen

Tingkat konsumsi oksigen (TKO) merupakan variabel yang dapat digunakan untuk menentukan laju metabolisme yang berkaitan dengan pertumbuhan. Pengukuran TKO ikan betok dilakukan pada jam ke-72. Tingkat konsumsi oksigen dihitung berdasarkan NRC (1977) :

$$TKO = \frac{V \times (DO_{t0} - DO_{tt})}{W \times t}$$

Keterangan:

TKO = tingkat konsumsi oksigen
(mg O₂/g/jam)
V = volume air dalam wadah (L)
DO_{t0} = konsentrasi oksigen terlarut pada awal pengamatan (mg/L)
DO_{tt} = konsentrasi oksigen terlarut pada waktu t (mg/L)
W = bobot ikan uji (g)
t = periode pengamatan (jam)

Kadar glukosa

Pengukuran glukosa darah dilakukan sebagai indikator stres sekunder yang diakibatkan oleh perlakuan perbedaan padat tebar. Pengujian glukosa darah ikan betok dilakukan pada jam ke-72. Sebanyak satu ekor ikan betok pada setiap wadah diambil darahnya dan diuji dengan test kit glukosa darah (Gluco DR Auto AGM 4000). Nilai yang tertera pada alat merupakan gambaran glukosa darah ikan yang ditampilkan dengan satuan mg/dL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar oksigen terlarut pada setiap waktu pengukuran cenderung semakin menurun disebabkan oleh respirasi ikan, karena dalam suatu wadah tertutup dan terbatas, tekanan oksigen terus menurun akibat pengambilan oksigen secara kontinyu oleh ikan. Pada jam ke-

3 pengukuran, terlihat bahwa konsentrasi oksigen sedikit naik, disebabkan oleh *bohr effect*. Pada konsentrasi oksigen tinggi, hemoglobin (Hb) berkombinasi dengan oksigen (O₂) menjadi bentuk oksihemoglobin (HbO₂) dan reaksi bergerak ke kanan, sebaliknya pada konsentrasi oksigen rendah, molekul oksigen diputuskan dan reaksi bergerak ke kiri. Jika oksigen terus berkurang hingga nol, hemoglobin melepaskan semua oksigen. Hal ini berarti jumlah oksigen yang berkombinasi dengan darah ditentukan oleh tekanan parsial oksigen.

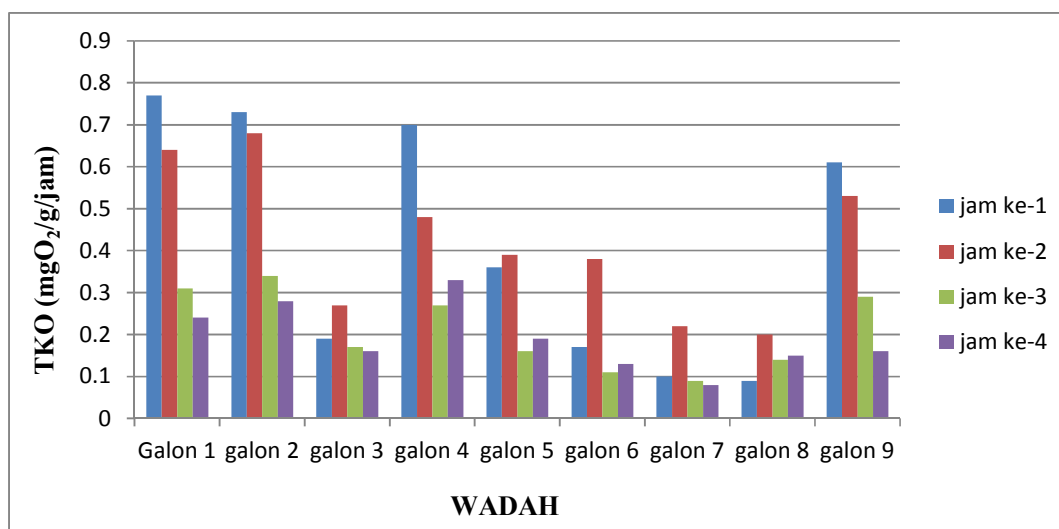
Hasil penelitian menunjukkan nilai tingkat konsumsi oksigen 1 jam hingga 4 jam (Gambar 1) secara umum cenderung mengalami penurunan, disebabkan oleh semakin berkurangnya kadar oksigen terlarut, artinya ada hubungan kandungan oksigen terlarut dengan pengambilan oksigen (*respiratory dependence*). Laju pengambilan oksigen menurun saat kadar oksigen terlarut dalam air berkurang (penurunan respirasi sejajar dengan penurunan tekanan oksigen dalam air). Diduga ikan betok berusaha mengembangkan respons adaptif terhadap keterbatasan ketersediaan biologis oksigen untuk metabolisme, meskipun demikian ada variabilitas antar individu ikan betok dalam mengekspresikan pemanfaatan energi metabolisme dengan aktivitas metabolisme yang berkaitan erat dengan pengambilan dan pemanfaatan oksigen. Hasil dari uji tingkat konsumsi oksigen didapatkan nilai kebutuhan oksigen per gram ikan betok pada kisaran ukuran 1,93-4,29 g/ekor berkisar antara 0,09-0,77 mg O₂/g/jam (Tabel 1). Ikan betok berukuran kecil cenderung memiliki tingkat konsumsi oksigen lebih tinggi dibanding ikan betok berukuran besar, hal ini mengindikasikan aktivitas metabolismenya. Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor pembatas karena diduga dapat mempengaruhi laju metabolisme pada ikan. Faturrohman (2017) menyatakan bahwa oksigen berperan untuk membantu proses metabolisme sehingga menghasilkan energi yang dapat digunakan dalam proses pertumbuhan. Laju metabolisme pada ikan berkaitan dengan respirasi karena ekstraksi energi dan molekul makanan dipengaruhi oleh oksigen (Putra 2015). Oksigen terlarut yang rendah diduga dapat mempengaruhi pengambilan pakan (*food intake*) sehingga energi pada ikan tidak terpenuhi secara maksimal. Penurunan *food intake* yang dipengaruhi oleh rendahnya oksigen dalam wadah pemeliharaan secara terus menerus dapat

mempengaruhi laju pertumbuhan (Putra 2015). Oksigen merupakan salah satu parameter kualitas air yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, dan rasio konversi pakan (Mallya 2007). Oksigen sangat erat kaitannya dengan proses metabolisme pada tubuh ikan untuk menghasilkan energi. Metabolisme merupakan semua perubahan atau transformasi kimiawi dan energi yang terjadi di dalam tubuh. Rendahnya oksigen terlarut dalam wadah budidaya akan berpengaruh pada laju metabolisme pada tubuh ikan, sebab energi yang didapatkan dari hasil metabolisme akan lebih banyak dialokasikan untuk mempertahankan keadaan homeostasi aktif terhadap lingkungan yang kurang mendukung sehingga energi yang digunakan untuk pertumbuhan tidak maksimal.

Menurut Gracia *et al.* (2006) tingkat konsumsi oksigen (TKO) merupakan parameter yang menggambarkan laju metabolisme organisme air. Parameter ini menggambarkan hubungan antara penggunaan energi metabolisme dengan aktivitas metabolisme yang berlangsung. Oksigen pada tubuh ikan memiliki peran penting dalam proses pembentukan energi. Mekanisme pembentukan energi yang dimaksud berupa pemecahan glukosa menjadi energi berupa ATP pada respirasi aerob melalui bantuan oksigen (Salmin 2005). Menurut penelitian Faturrohmah (2017) pada kepiting bakau semakin rendah nilai TKO suatu organisme menunjukkan semakin rendah aktivitas metabolisme yang terjadi. Hal ini

berkaitan dengan pembelanjaan energi untuk digunakan dalam pertumbuhan secara maksimal. Pada kondisi oksigen terlarut rendah, ikan cenderung bergerak lebih aktif untuk mendapatkan oksigen secara maksimal, sehingga berpengaruh pada tingkat konsumsi oksigen. Menurut Li *et al.* (2007) bahwa peningkatan konsumsi oksigen pada ikan terjadi apabila adanya aktivitas bergerak yang lebih aktif sehingga proses respirasi ikan semakin tinggi.

Kepadatan ikan yang tinggi merupakan faktor kritis karena memiliki potensi sebagai sumber stres, salah satu indikator untuk melihat respons stres adalah nilai kadar glukosa darah yang disajikan pada Tabel 2. Nilai rata-rata kadar glukosa darah berkisar antara 49,33-53 mg/dL, untuk perlakuan A, B dan C masing-masing 53 mg/dL, 52,67 mg/dL dan 49,33 mg/dL yang cenderung tidak berbeda nyata. Mazeaud & Mazeaud (1981) menyebutkan bahwa keberadaan glukosa darah ditentukan oleh stres. Hiperglisemia merupakan indikator terjadinya stres awal, karena tingkat glukosa darah sangat sensitif terhadap hormon stres. Pengukuran glukosa darah dilakukan pada saat saluran pencernaan kosong (puasa 48 jam) sehingga tidak ada lagi pasok glukosa dari pakan. Kepadatan ikan akan mempengaruhi fisiologi dan perilaku ikan, mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan (Luo *et al.* 2013; Niazie *et al.* 2013).



Gambar 1. Grafik tingkat konsumsi oksigen ikan Betok (*Anabas testudineus*)

Tabel 1. Tingkat konsumsi oksigen ikan Betok (*Anabas testudineus*)

Parameter	G.1	G.2	G.3	G.4	G.5	G.6	G.7	G.8	G.9
DO (mg/L) awal (24 jam setelah aerasi)	3,85	3,79	3,58	3,85	3,6	3,53	3,52	3,62	3,89
Bobot (g) ikan 1	1,03	0,78	2,12	1,15	1,18	1,31	2,36	2,08	1,21
Bobot (g) ikan 2	1,28	1,15	1,59	1,31	1,18	1,87	1,93	1,65	1,21
Total bobot (g) ikan	2,31	1,93	3,71	2,46	2,36	3,18	4,29	3,73	2,42
DO (mg/L)-1 jam	3,26	3,32	3,35	3,28	3,32	3,35	3,37	3,51	3,4
DO (mg/L)-2 jam	2,86	2,92	2,92	3,16	2,99	2,73	2,88	3,12	3,04
DO (mg/L)-3 jam	3,14	3,14	2,94	3,19	3,22	3,19	3,13	3,1	3,19
DO (mg/L)-4 jam	3,11	3,08	2,8	2,77	2,99	2,99	3,04	2,86	3,38
TKO (mg O ₂ /g/jam)-1 jam	0,77	0,73	0,19	0,7	0,36	0,17	0,1	0,09	0,61
TKO (mg O ₂ /g/jam)-2 jam	0,64	0,68	0,27	0,42	0,39	0,38	0,22	0,2	0,53
TKO (mg O ₂ /g/jam)-3 jam	0,31	0,34	0,17	0,27	0,16	0,11	0,09	0,14	0,29
TKO (mg O ₂ /g/jam)-4 jam	0,24	0,28	0,16	0,33	0,19	0,13	0,08	0,15	0,16

Tabel 2. Glukosa darah ikan Betok (*Anabas testudineus*) jam ke-72 pasca stres padat tebar

Parameter/Perlakuan	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Total bobot (g) ikan	3,74	4,2	2,65	9,17	5,86	3,61	14,16	12,66	4,63
Bobot (g) ikan untuk uji glukosa darah	2,95	-	1,93	2,49	1,56	1,24	3,7	2,15	1,99
Glukosa darah (mg/dL)	57	-	49	31	73	54	36	40	72

Stres adalah kondisi saat terganggunya keseimbangan dinamis dari organisme (homeostasi) sebagai akibat dari faktor lingkungan. Respons terhadap stres dianggap sebagai mekanisme adaptif ikan untuk mempertahankan homeostasi (Bonga 1997; Barton 2002). Respons fisiologis ikan dalam menghadapi stres dibagi atas respons primer, sekunder dan tersier (Barton 2002). Respons primer dicirikan dengan meningkatnya hormon katekolamin dan kortikosteroid, respons sekunder menyebabkan perubahan metabolisme yaitu peningkatan kadar glukosa, laktat, penurunan glikogen, gangguan osmoregulasi, serta perubahan fungsi imunitas sedangkan respons tersier yaitu terjadinya perubahan performa hewan secara keseluruhan seperti pertumbuhan, respons imun, ketahanan terhadap penyakit dan perubahan tingkah laku (Barton 2002; Nardocci *et al.* 2014).

Indikator yang umum digunakan untuk melihat respons stres adalah kadar kortisol dan glukosa darah, pada keadaan stres akut, konsentrasi kortisol dapat meningkat 10–100 kalinya (Bonga 1997). Ikan memiliki rentang yang luas terhadap respons stress yaitu bergantung pada spesies ikan, jumlah ikan dalam spesies yang sama, populasi, ikan liar, faktor genetik, tingkah laku (Barton 2002). Respons stres dapat dilihat dari peningkatan kadar kortisol dan glukosa darah. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa glukosa darah memiliki nilai yang cenderung rendah pada pengamatan jam ke-72. Hal ini memperlihatkan bahwa ikan betok mampu beradaptasi terhadap potensi sumber stres berupa padat tebar. Glukosa sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi yang tinggi akibat stres, karena stres akan mengalihkan energi dari proses metabolisme normal menjadi energi yang digunakan untuk mengaktifkan sistem fisiologis menghadapi stres (Andrade *et al.* 2015). Menurunnya kadar glukosa darah mengindikasikan bahwa ikan memanfaatkan energi dari glukosa untuk merespons dan beradaptasi terhadap stres. Kemampuan ikan beradaptasi terhadap lingkungan, lamanya dan besarnya respons stres bergantung pada jenis spesies, intensitas dan durasi respons (Bonga 1997). Pada ikan, khususnya spesies karnivora, umumnya justru terjadi fenomena kadar glukosa darah tinggi (hiperglisemia) jangka panjang teramati bahkan setelah ikan mengkonsumsi pakan kaya karbohidrat (Cowey and Walton 1989; Wilson 1994; Moon 2001). Hal ini mencerminkan efek lebih kuat (dominan) dari asam-asam amino dibanding glukosa sebagai stimulator sekresi insulin (Mommsen and Plisetskaya 1991). Menurut Watkins (2008), kebutuhan energi untuk memperbaiki homeostasi selama stres dipenuhi oleh proses

glikogenolisis dan glukoneogenesis yang menghasilkan glukosa.

Kadar glukosa darah dipertahankan homeostasinya oleh organ hati melalui metabolisme glukosa (Piliang and Djojosoebagio 2000). Beberapa mekanisme yang berperan dalam mempertahankan homeostasi glukosa darah adalah glikolisis, glukoneogenesis, glikogenesis dan glikogenolisis (Leung and Woo 2012). Homeostasi glukosa dalam darah dipertahankan oleh beberapa hormon. Insulin merupakan salah satu hormon yang berperan menurunkan kadar glukosa dalam darah. Terjadinya katabolisme protein untuk membentuk glukosa juga menghasilkan asam amino, sehingga asam amino dalam darah mengalami peningkatan. Meningkatnya asam amino dalam darah akan mengaktifasi insulin kembali sehingga mampu melakukan transpor glukosa, sehingga glukosa dalam darah akan menurun kembali (Wendelaar 1997).

KESIMPULAN

Respons stres sekunder berupa kadar glukosa darah ikan betok (*Anabas testudineus*) pada perlakuan padat tebar 2 ekor/0,02 m², 3 ekor/0,02 m² dan 4 ekor/0,02 m² cenderung rendah, oleh karena itu dapat direkomendasikan intensifikasi budidaya ikan betok dengan padat tebar berkisar antara 100-200 ekor/m².

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade T, Afonso A, Peres-Jimenez A, Oliva-Teles A, de Las Heras V, Mancera JM, Serradeiro R, Costas B. 2015. Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: Implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture* 438: 6-11.
- Barton BA. 2002. Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology* 42: 517-525.
- Berka R. 1986. The transport of live fish. EIFAC Tech. Pap. No. 48. p.52.
- Bonga SEW. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 77 (3): 591-625.
- Brown JA. 1993. Endocrine Responses to Environmental Pollutions, p: 276-292. In J.F. Rankin & F.B. Jemsen (Eds.). *Fish Ecology-siology*. Chapman & Hall, London.
- Cowey CB, Walton MJ. 1989. Intermediary metabolism. In: Halver JE (ed) *Fish nutrition*. Academic Press, San Diego, pp 260-329.
- Faturrohman K. 2017. Penentuan kadar oksigen terlarut optimum untuk pertumbuhan benih kepiting bakau *Scylla serrata* dalam sistem resirkulasi. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fujaya Y. 1999. *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Gracia LA, Rosas VC, Brito PR. 2006. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 145:340-45.
- Julian, William GR, Stephanie EW, Albert JS. 2003. Oxygen Consumption in weakly electric neotropical fishes. *Journal of Oecologia* 2003, 137:502-511.
- Karmila, Muslim, Effachmi. 2012. Analisis Tingkat Kematangan Gonad Ikan Betok (*Anabas testudineus*) Di Perairan Rawa Banjir Desa Pulokerto Kecamatan Gandus Kota Palembang. *Jurnal Fisheries*. 1(1):25-29.
- Leung LY, Woo NYS. 2012. Influence of dietary carbohydrate level on endocrine status and hepatic carbohydrate metabolism in the marine fish *Sparus sarba*. *Fish Physiol Biochem* 38:543-554.
- Li E, Chen L, Zeng C, Chen X, Yu N, Lai Q, Qin JG. 2007. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. *Elsevier Aquaculture*. 265:385-390.
- Luo G, Liu G, Tan H. 2013. Effect of stocking density and food deprivation-related stress on the physiology and growth in adult *Scortum barcoo* (McCulloch & Waite). *Aquaculture Research* 44 (6): 885-894.
- Mallya YJ. 2007. The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture. UNU-Fisheries Training Programme. Tanzania.
- Mazeaud MM, Mazeaud F. 1981. Andrenergic responses to stress in fish, p: 49-75. In A.D. Pickering. (Ed.). *Stress and Fish*. Academic Press, London.
- Mommsen TP, Plisetskaya EM. 1991. Insulin in fishes and agnathans: history, structure and metabolic regulation. *Rev Aquat Sci* 4:225-259.

- Moon TW. 2001. Glucose intolerance in teleost fish: fact or fiction? *Comp Biochem Physiol* 129B:243–249.
- Nardocci G, Navarro C, Cortes PP, Imarai M, Montoya M, Valenzuela B, Jara P, Acuna-Castillo C, Fernandez R. 2014. Neuroendocrine mechanisms for immune system regulation during stress in fish. *Fish & Shellfish Immunology* 40: 531–538.
- Niazie EHN, Imanpoor M, Taghizade VT, Zadmajid V. 2013. Effect of density stress on growth indices and survival rate of goldfish (*Carassius auratus*). *Global veterinarian* 10 (3): 365-371.
- [NRC] National Research Council. 1977. *Nutrient Requirement of Warmwater Fishes and Shellfishes Revised Edition*. Washinton D.C (US): National Academy Press. hlm 102.
- Pellock NAY. 2009. Biologi Reproduksi Ikan Betok (*Anabas testudineus* Bloch, 1792) di Rawa Banjiran DAS Mahakam, Kalimantan Timur. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 106 hlm.
- Piliang WG, Djojosoebagio S. 2000. Fisiologi Nutrisi, Volume I. Institut Pertanian Bogor ISBN 979-8212-06-1, Bogor. 289 hal.
- Putra AN. 2015. Laju Metabolisme Pada Ikan Nila Berdasarkan Pengukuran Tingkat Konsumsi Oksigen. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 5(1):13-18.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*. 30(3):1–6.
- Steward M. 1991. *Animal Physiology*. Thomson Litho Ltd., London. 486 p.
- Suryaningrum TD, Sari A, Indarti N. 2000. Pengaruh Kapasitas Angkut Terhadap Sintasan dan Kondosi Ikan pada Transportasi Kerapu Hidup Sistem Basah. Dalam Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Eksplorasi Laut dan Perikanan Jakarta. P: 259-268.
- Watkins D, Cooperstein SJ, Lazarow A. 2008. Effect of alloxan on permeability of pancreatic islet tissue in vitro. *American Journal of Physiology*. 207(2):436–440.
- Wendelaar BSE. 1997. The stress response in fish. *Physiol. Rev.*, 77:591-625.
- Wibowo S, Utomo BSV, Suryaningrum TD. 1987. Kajian Sifat Fisiologi Ikan Sebagai Dasar Dalam Pengembangan Transportasi Ikan Kerapu Lumpur (*Epinephelus tauvina*) Hidup untuk Ekspor. Makalah disampaikan sebagai penelitian unggulan Puslitbang Perikanan.
- Wilson RP. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124:67–80.