

Efek pemberokan dalam media air dengan salinitas yang berbeda terhadap kondisi fisiologis belut, *Monopterus albus* (Zuiew, 1793)

[Effect of fasting in waters with different salinity on physiological responses of Asian swamp eel, *Monopterus albus* Zuiew 1793]

Yani Hadiroseyani¹✉, Sukenda Sukenda¹, Enang Harris Surawidjaja¹, Nur Bambang Priyo Utomo¹, Ridwan Affandi²

¹Departemen Budidaya Perairan FPIK-IPB

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-IPB

Diterima: 21 April 2016; Disetujui: 20 September 2016

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons fisiologis ikan belut *Monopterus albus* pada pemberokan dengan tingkat salinitas yang berbeda. Pemberokan dilakukan pada ikan belut yang berukuran panjang $26,64 \pm 2,94$ cm dan bobot $12,57 \pm 4,99$ g, selama tiga hari dalam media air dengan perlakuan empat tingkat salinitas, yaitu 0 g L^{-1} , 3 g L^{-1} , 6 g L^{-1} , dan 9 g L^{-1} . Biomassa belut adalah 1 kg dalam 5 L air atau pada densitas 200 kg m^{-3} . Parameter fisiologis yang diukur meliputi kortisol plasma darah dengan metode radioimunoasai, glukosa plasma darah dan glikogen hati dengan spektrofotometer, natrium plasma darah dianalisis dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*, dan osmolalitas dengan menggunakan osmometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberokan dan salinitas mengakibatkan perubahan kondisi fisiologis ikan belut. Pemberokan mengakibatkan kadar kortisol meningkat, namun peningkatan salinitas dapat menekan kadar hormon tersebut. Kadar natrium plasma darah ikan belut mengalami peningkatan sejalan dengan semakin tingginya salinitas. Kadar glukosa belut yang diberok pada salinitas 0 dan 3 g L^{-1} secara statistik lebih tinggi dan berbeda sangat nyata dibandingkan dengan belut pada salinitas 6 dan 9 g L^{-1} . Hal sebaliknya terjadi pada kadar glikogen hati, yaitu secara statistik lebih rendah pada salinitas 0 dan 3 g L^{-1} dibandingkan dengan belut pada salinitas 6 dan 9 g L^{-1} . Pemberokan selama tiga hari pada semua perlakuan salinitas tidak mengakibatkan perubahan nilai faktor kondisi belut. Ikan belut memberikan respons fisiologis yang paling baik pada pemberokan tiga hari dengan salinitas 9 g L^{-1} .

Kata penting: faktor kondisi, glikogen, glukosa, kortisol, natrium

Abstract

This study aimed to evaluate the physiological responses of Asian swamp eel, *Monopterus albus* during the fasting period at different salinity levels. Fasting period was three days at four levels of salinity, i.e., 0 g L^{-1} , 3 g L^{-1} , 6 g L^{-1} , and 9 g L^{-1} . The eels were stocked at a density of 200 kg m^{-3} . Physiological parameters studied were blood plasma cortisol which was measured by radioimmunoassay method, blood plasma glucose and liver glycogen which were measured by spectrophotometer, blood plasma sodium which was analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer, and osmolality which was measured using osmometer. The results showed that salinity affected the physiological status of the eels. Fasting the eels could increase the blood plasma cortisol levels, but in at higher salinity levels the hormone was lower. Blood plasma sodium levels of the eels increased in line with higher salinity. Fasting the eels at salinity of 0 and 3 g L^{-1} was increasing the glucose levels significantly compared to the eel at a salinity of 6 and 9 g L^{-1} . In contrary, the liver glycogen levels were statistically lower in salinity of 0 and 3 g L^{-1} compared to the eels at a salinity of 6 and 9 g L^{-1} . Fasting the fish for three days at all salinity treatments did not change the condition factor of the eels. The eels were exhibited the best physiological performance during the three-days fasting period at a salinity of 9 g L^{-1} .

Key words: condition factor, cortisol, glucose, glycogen, sodium

Pendahuluan

Ikan belut *Monopterus albus* (Zuiew, 1793) (Teleostei: Synbranchidae) adalah ikan air tawar dengan habitat alami berupa perairan dangkal seperti kolam berlumpur, rawa, parit, dan sawah (Rainboth 1996, Affandi *et al.* 2003, Shaf-land *et al.* 2010) serta mampu menggali lubang

lebih dalam untuk mencapai lumpur selama musim kemarau (Liem 1967). Ikan ini berbentuk memanjang dengan tubuh tidak bersisik dan tidak memiliki sirip kecuali pada bagian ekor, pernapasan utama dengan mengambil oksigen dari udara atau bersifat *air breather obligate* dan mampu hidup pada perairan yang dangkal dengan kadar oksigen rendah (Liem 1967, Ishimat-

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: yanihadiroseyani@gmail.com

su 2012), dan aktif di malam hari (Shafland *et al.* 2010). Ikan ini juga memiliki toleransi yang luas terhadap kisaran temperatur lingkungan dan mampu berpindah tempat dengan menyeberangi pematang sawah atau kolam (Nico 2005).

Penyebaran geografis belut cukup luas, yaitu dari daerah asal Asia tropis (34°LU dan 6°LS) seperti India, China, Jepang, Malaysia, Bangladesh, Vietnam, Thailand, dan Indonesia (Tay *et al.* 2003, Khan & Nganh 2010). Ikan ini menyebar sampai di sejumlah wilayah Amerika Utara seperti Georgia, Florida, dan New Jersey sebagai spesies introduksi akibat aktivitas impor belut hidup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi etnis Asia (Nico *et al.* 2011, Cole *et al.* 2014). Belut merupakan komoditas ekonomis dengan pemasaran meluas dari pasar lokal, nasional, hingga pasar internasional (Nico *et al.* 2011) dan sebagian besar adalah hasil tangkapan dari alam (Affandi *et al.* 2003, Barman *et al.* 2013).

Belut yang bersembunyi di dalam lubang-lubang tanah basah di perairan ditangkap dengan teknik yang unik yaitu menggunakan perangkap, pancing, tombak, dan alat setrum ikan (Barman *et al.* 2013). Kontak fisik dengan alat tangkap dan pengumpulan belut hasil tangkapan pada wadah penampungan dengan media air tanpa lumpur merupakan perubahan lingkungan yang dapat mengakibatkan ikan stres. Akibat penangkapan dan pengangkutan yang umumnya dilakukan dalam waktu yang singkat (Berka 1986, Ashley 2007), ikan akan berulang kali mengalami situasi stres dan dapat menunjukkan respons kortisol yang terakumulasi (Koakoski *et al.* 2013) yang mengakibatkan penurunan kondisi fisiologis, menekan kemampuan imunitas, mengancam kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan (Wedemeyer 1996).

Mitigasi stres pada kegiatan budi daya dan pengangkutan ikan dapat dilakukan dengan ber-

bagai cara, antara lain dengan pemberian *tryptophan* (Kumar *et al.* 2014) dan vitamin C (Sarma *et al.* 2013) melalui pakan, atau dengan penambahan natrium klorida pada air pemeliharaan (Carneiro *et al.* 2009). Namun pada proses pengangkutan umumnya ikan tidak diberi makan dan tidak mau makan sehingga penambahan garam pada lingkungan lebih efektif disamping garam merupakan bahan yang murah dan mudah diperoleh.

Sebagai ikan air tawar, belut juga dapat ditemukan di muara sungai, yaitu tempat yang mengalami fluktuasi salinitas lingkungan (Tok *et al.* 2011), dengan toleransi salinitas 0 – 16 g L⁻¹ (Schofield & Nico 2009) dan menunjukkan pertumbuhan optimum pada salinitas air 0-9 g L⁻¹ (Pedersen *et al.* 2012). Keberadaan belut di perairan salin dikaitkan dengan kemampuan osmoregulasi (Tok *et al.* 2009, Tok *et al.* 2011, Pedersen *et al.* 2012), namun belum dapat menjelaskan fakta bahwa kelangsungan hidup belut sampai saat ini masih rendah (Alit 2009, Schofield & Nico 2009, Pedersen *et al.* 2012, Fujiani *et al.* 2015) sehingga perlu diketahui respons fisiologis belut terhadap kadar garam air lingkungan dan potensinya untuk meningkatkan kinerja produksi budi daya.

Pemberokan ikan yang dilakukan sebelum kegiatan pengangkutan hidup bertujuan untuk menurunkan laju metabolisme agar kualitas air pengangkutan lebih stabil dan pemulihan stres akibat penangkapan, sehingga dapat mencegah kematian ikan selama pengangkutan. Peningkatan salinitas air media pemberokan belut diharapkan dapat menekan stres belut dan memulihkan kondisi fisiologis belut sebelum diangkut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek pemberokan di dalam media air tanpa lumpur pada tingkat salinitas yang berbeda terhadap respons fisiologis ikan belut.

Bahan dan metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Februari 2015. Tempat pengambilan ikan belut, percobaan pemberokan ikan belut, dan pengambilan sampel bertempat di Desa Warung Kondang, Cibeber Cianjur. Sampel kemudian dibawa ke Departemen Budidaya Perairan FPIK IPB, Dramaga Bogor, untuk persiapan analisis laboratorium.

Ikan belut berukuran panjang $26,64 \pm 2,94$ cm dan bobot $12,57 \pm 4,99$ g, ditangkap dari Desa Warung Kondang, Cianjur, Jawa Barat. Penangkapan belut menggunakan alat setrum ikan berkekuatan 12 volt/10 amper dan dilakukan pada malam hari pada pukul 22.00 – 02.00 di area persawahan yang telah dipanen mengikuti prosedur yang biasa dilakukan oleh para penangkap belut. Pukul 08.00 esok harinya, belut telah terkumpul dari lima orang penangkap dan diperoleh hasil tangkapan sebanyak 25,51 kg.

Persiapan pemberokan yang meliputi penimbangan, penempatan dalam wadah percobaan, dan pengambilan sampel belut awal selesai dilakukan pada pukul 11.00, yaitu sembilan jam setelah penangkapan. Pemberokan dilakukan selama tiga hari dalam media air dengan perlakuan empat tingkat salinitas air, yaitu 0 g L^{-1} , 3 g L^{-1} , 6 g L^{-1} , dan 9 g L^{-1} . Air media pemberokan belut bersumber dari sumur air tawar setempat yang bersalinitas $0,3 \text{ g L}^{-1}$ dan peningkatan salinitas dilakukan dengan menambahkan garam krosok (NaCl). Wadah pemberokan ikan adalah empat unit bak plastik berwarna coklat dan berukuran 80 cm x 40 cm x 30 cm, yang masing-masing diisi 5 L air sesuai dengan salinitas yang diujikan. Biomassa belut dalam setiap wadah adalah 1 kg atau pada densitas 200 kg m^{-3} , yang dipelihara tanpa diberi pakan. Selama pemberokan dilakukan penggantian air total setiap pagi sesuai dengan perlakuan.

Parameter yang diukur adalah biokimia darah dan hati serta faktor kondisi ikan belut. Parameter biokimia darah meliputi kadar kortisol, sodium, dan glukosa plasma darah; biokimia hati yang diukur adalah kadar glikogen. Faktor kondisi ikan dihitung dengan rumus dari Fulton (Nash *et al.* 2006) sebagai berikut:

$$FK = 100B \times L^{-3}$$

Keterangan: B = bobot ikan (g), L = panjang ikan (cm)

Pengambilan contoh belut dilakukan setiap 24 jam sebanyak lima ekor per perlakuan. Belut dianestesi dengan stabiliser Ocean Free Special Arowana Stabilizer (Qian Hu Corporation Ltd. Singapore) pada dosis $1\text{--}2 \text{ mL L}^{-1}$. Setelah pingsan dilakukan pengukuran panjang dan penimbangan bobot belut serta pengambilan darah pada bagian belakang anus menggunakan *syringe* 2 mL dan jarum suntik berukuran 25 Gauge.

Pengukuran osmolalitas plasma darah belut dan air pemberokan dilakukan dengan menggunakan osmometer di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Hewan IPB, Bogor. Pengukuran kortisol plasma darah dilakukan di Balai Penelitian Ternak, Bogor dengan metode radioimunoasai menggunakan IZOTOP Cortisol [^{125}I] RIA KIT (Ref: RK-240CT) (Institut of Isotopes Ltd. Budapest). Pengukuran glukosa plasma darah dan glikogen hati dilakukan dengan metode asai spektrofotometer pada panjang gelombang 635 nm dan standar D (+)-Glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) (K34425937.606: Merck Germany), di Laboratorium Nutrisi Ikan Departemen Budidaya Perairan IPB, Bogor. Natrium plasma dipreparasi dengan metode *wet ashing* dan dianalisis dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), di Laboratorium Nutrisi Pakan Ternak Fakultas Peternakan IPB, Bogor.

Parameter kualitas air yang diukur adalah salinitas menggunakan salinometer, suhu menggunakan termometer, pH menggunakan pHmeter,

oksigen menggunakan DO-meter, dan ammonia menggunakan metode APHA (2012, 4500-NH₃-F). Pengukuran dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan IPB, Bogor.

Data parameter fisiologis belut dinyatakan dalam nilai rata-rata dengan simpangan baku dan dilakukan pengujian statistik menggunakan program SPSS versi 17.0 untuk analisis varians satu arah pada uji perbandingan rata-rata Duncan. Perbedaan antarperlakuan dianggap nyata ketika mencapai $p < 0,05$ dan diberi huruf tika atas berbeda. Data parameter kualitas air disajikan dalam bentuk kisaran dan dianalisis secara deskriptif.

Hasil

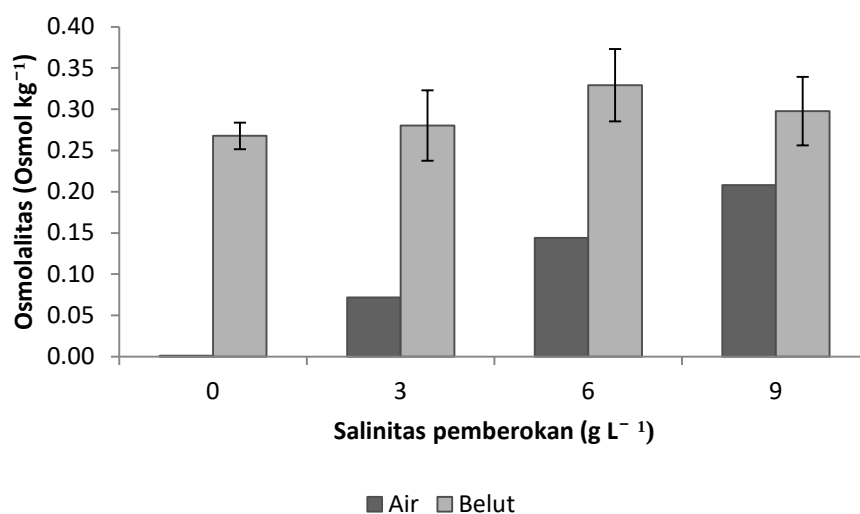
Peningkatan salinitas mengakibatkan perubahan pada osmolalitas air, osmolalitas plasma darah belut, dan gradien osmotik seperti disajikan pada Gambar 1. Osmolalitas air berturut-turut dari 0,001 Osm pada air tawar; 0,072 Osm pada air bersalinitas 3 g L⁻¹; 0,144 Osm pada air bersalinitas 6 g L⁻¹ dan 0,208 Osm pada air bersalinitas 9 g L⁻¹ sedangkan osmolalitas plasma belut relatif stabil yaitu 0,268 Osm pada air tawar, 0,280 Osm pada air bersalinitas 3 g L⁻¹, 0,329 pada air bersalinitas 6 g L⁻¹ dan 0,298 Osm pada air bersalinitas 9 g L⁻¹. Peningkatan osmolalitas air tersebut menurunkan gradien osmotik antara belut dan media pemberokan yaitu dari 0,267 Osm pada air tawar, menjadi 0,208 Osm pada salinitas air 3 g L⁻¹, menjadi 0,185 Osm pada salinitas air 6 g L⁻¹ dan mendekati kondisi isosmotik pada salinitas air 9 g L⁻¹, yaitu 0,090 Osm.

Pemberokan selama tiga hari dalam air bersalinitas 0, 3, 6, dan 9 g L⁻¹ tidak menimbulkan kematian namun mengakibatkan perubahan kondisi fisiologis belut. Pada Tabel 1 tampak bahwa kadar kortisol, natrium, maupun glukosa

plasma darah belut mengalami fluktuasi dan mengakibatkan perubahan pada kadar glikogen hati dan faktor kondisi belut. Dibandingkan dengan kondisi awal (H-0), kadar kortisol plasma pada semua perlakuan mengalami peningkatan dengan semakin lama masa pemberokan yang menunjukkan bahwa belut mengalami stres. Kadar kortisol plasma belut yang tinggi ($p < 0,05$) tampak pada belut yang diberok dalam air tawar pada hari ketiga, yaitu $22,76 \pm 8,95$ ng mL⁻¹ dan kadar yang rendah pada hari pertama belut yang diberok dalam air bersalinitas 9 g L⁻¹, yaitu $7,79 \pm 2,39$ ng mL⁻¹.

Berlawanan dengan kecenderungan perubahan pada kadar kortisol, kadar natrium plasma darah belut pada semua perlakuan mengalami peningkatan dengan semakin lama masa pemberokan dan dengan semakin tinggi salinitas air yang menunjukkan belut mampu mengabsorpsi garam dari lingkungannya. Kadar natrium plasma tertinggi tampak pada hari ke-tiga pemberokan dalam air bersalinitas 9 g L⁻¹, yaitu $84,20 \pm 11,78$ mmol L⁻¹ dan signifikan ($P < 0,05$) terhadap semua perlakuan serta terhadap hari-hari sebelumnya.

Pemberokan selama tiga hari mengakibatkan kadar glukosa plasma darah belut meningkat baik pada perlakuan pemberokan dalam air tawar maupun dalam air bersalinitas 3 g L⁻¹, dan menurun secara signifikan ($p < 0,05$) pada belut yang diberok dalam air bersalinitas 6 dan 9 g L⁻¹. Perubahan kadar glukosa plasma darah memengaruhi kadar glikogen hati, yaitu pada kadar glukosa yang tinggi mengakibatkan kadar glikogen rendah seperti terlihat pada perlakuan pemberokan dalam air tawar dan air bersalinitas 3 g L⁻¹, dan sebaliknya pada kadar glukosa yang rendah tampak kadar glikogen tinggi secara signifikan ($p < 0,05$) seperti terlihat pada perlakuan pemberokan dalam air bersalinitas 6 dan 9 g L⁻¹.

Gambar 1. Osmolalitas dan gradien osmotik belut pada salinitas air pemberokan 0, 3, 6, dan 9 g L⁻¹

Tabel 1. Kondisi fisiologis belut pada pemberokan dengan salinitas yang berbeda

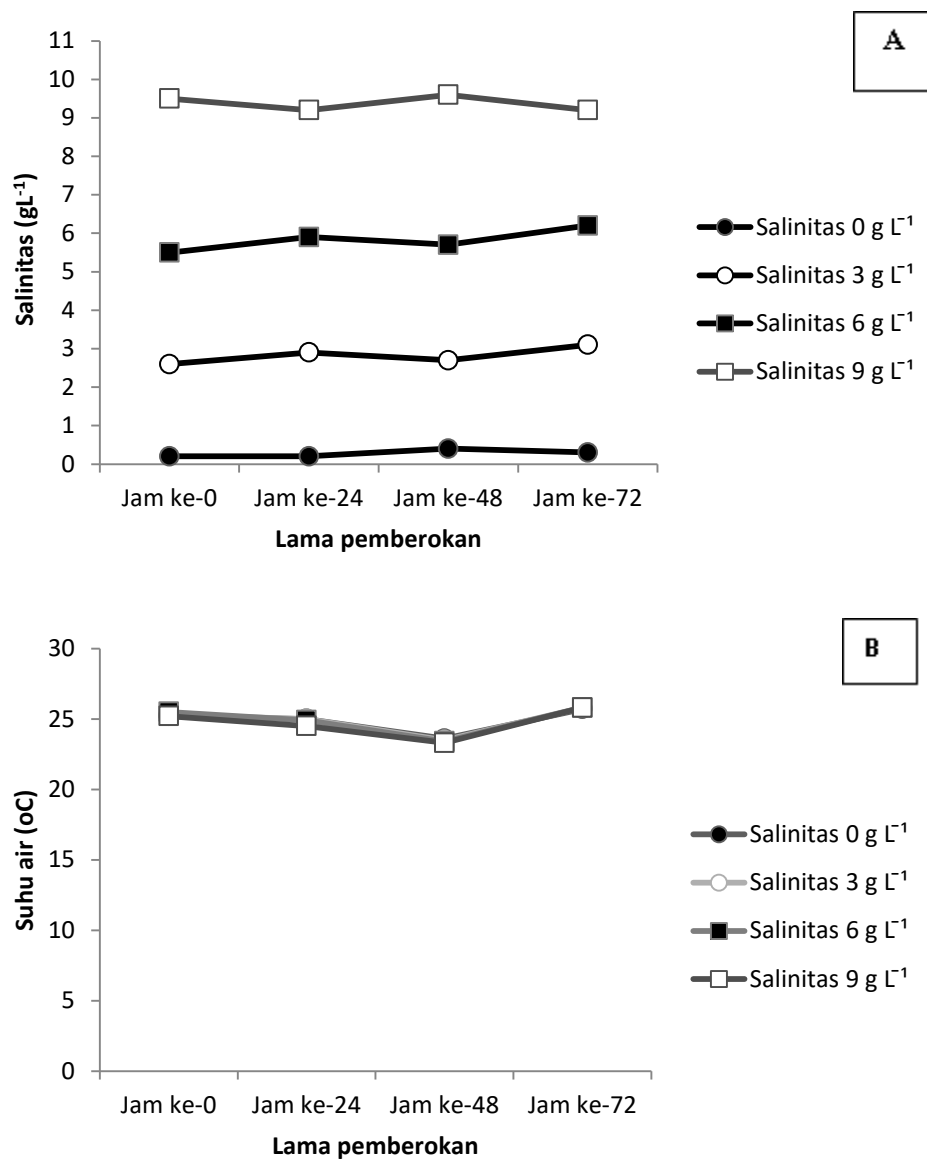
Hari ke-	Salinitas air 0 g L ⁻¹	Salinitas air 3 g L ⁻¹	Salinitas air 6 g L ⁻¹	Salinitas air 9 g L ⁻¹
Kadar kortisol plasma darah (ng mL ⁻¹)				
0	10,87±5,35 ^{ab}	10,87±5,35 ^{ab}	10,87±5,35 ^{ab}	10,87±5,35 ^{ab}
1	13,83±7,56 ^{abc}	12,39±5,70 ^{abc}	11,01±7,14 ^{ab}	7,79±2,39 ^a
2	18,64±9,41 ^{abc}	16,25±6,59 ^{abc}	11,24±3,39 ^{ab}	7,94±5,03 ^{ab}
3	22,76±8,95 ^c	18,80±7,31 ^{bc}	13,95±10,64 ^{abc}	14,74±9,10 ^{abc}
Kadar natrium plasma darah (mmol L ⁻¹)				
0	41,66±4,54 ^b	41,66±4,54 ^b	41,66±4,54 ^b	41,66±4,54 ^b
1	49,14±9,99 ^b	51,35±6,16 ^b	45,24±5,88 ^b	60,07±14,76 ^{ab}
2	51,23±3,54 ^b	36,58±8,89 ^b	34,38±15,49 ^b	59,68±2,78 ^{ab}
3	53,43±6,88 ^b	54,00±5,69 ^b	62,30±29,17 ^{ab}	84,20±11,78 ^a
Kadar glukosa plasma darah (mg dL ⁻¹)				
0	29,54±9,87 ^{abcd}	29,54±9,87 ^{abcd}	29,54±9,87 ^{abcd}	29,54±9,87 ^{abcd}
1	40,30±10,49 ^{abcde}	40,76±17,32 ^{abcde}	45,30±7,57 ^{cde}	21,52±5,61 ^a
2	43,94±7,25 ^{bcde}	35,33±5,76 ^{abcde}	47,42±18,35 ^{de}	25,15±3,65 ^{abc}
3	51,52±13,06 ^d	46,67±13,83 ^{de}	23,64±6,73 ^{ab}	21,52±6,99 ^a
Kadar glikogen hati (mg dL ⁻¹)				
0	0,35±0,04 ^{def}	0,35±0,04 ^{def}	0,35±0,04 ^{def}	0,35±0,04 ^{def}
1	0,48±0,12 ^{cde}	0,49±0,11 ^{cde}	0,38±0,04 ^{def}	0,64±0,05 ^{bcd}
2	0,26±0,04 ^{ef}	0,46±0,37 ^{cdef}	0,72±0,13 ^{bc}	1,19±0,36 ^a
3	0,15±0,10 ^f	0,23±0,09 ^{ef}	0,84±0,03 ^b	0,81±0,17 ^b
Faktor kondisi				
0	0,065±0,010	0,065±0,010	0,065±0,010	0,065±0,010
1	0,060±0,003	0,059±0,008	0,061±0,006	0,064±0,005
2	0,056±0,007	0,058±0,006	0,060±0,012	0,064±0,007
3	0,056±0,006	0,056±0,008	0,059±0,009	0,064±0,009

Huruf tika atas yang berbeda pada baris dan kolom masing-masing parameter menunjukkan signifikansi pada $p < 0,05$

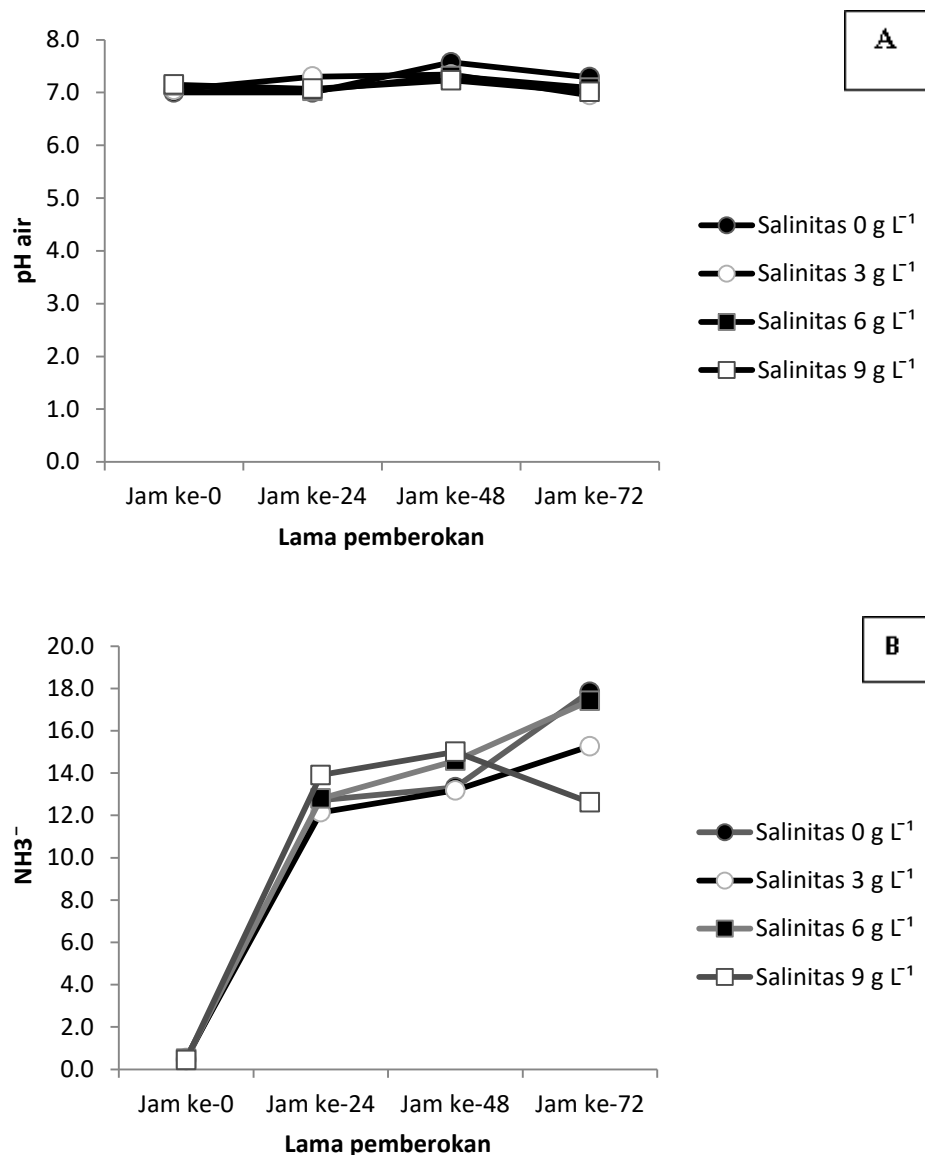
Pemberokan selama tiga hari dalam media air dengan salinitas yang berbeda tidak mengakibatkan nilai faktor kondisi belut berubah secara signifikan. Namun demikian, terdapat kecenderungan nilai faktor kondisi yang semakin rendah sejalan dengan lama masa pemberokan dengan tingkat penurunan nilai yang semakin kecil pada salinitas yang lebih tinggi.

Kualitas air selama pemberokan mengalami fluktuasi pada semua perlakuan. Pada Gam-

bar 2 tampak bahwa salinitas air mengalami sedikit perubahan dengan kecenderungan sedikit meningkat pada media air tawar, air bersalinitas 3 dan 6 g L⁻¹, sedangkan pada air bersalinitas 9 g L⁻¹ sedikit menurun. Suhu air media pemberokan cenderung sama pada setiap perlakuan dan mengalami penurunan dari 25,3±,14°C menjadi 23,5±,12°C hanya pada hari kedua.



Gambar 2. Salinitas (A) dan suhu air (B) pada wadah pemberokan belut selama tiga hari



Gambar 3. Nilai pH (A) dan NH₃ (mg L⁻¹) (B) pada wadah pemberokan belut selama tiga hari

Pada Gambar 3 tampak bahwa nilai pH air mengalami fluktuasi pada level yang berbeda di setiap perlakuan, namun memperlihatkan kecenderungan yang sama yaitu meningkat pada hari ke dua lalu menurun pada hari ke tiga. Kadar amonia terus meningkat selama masa pemberokan, kecuali pada perlakuan salinitas 9 g L⁻¹ yang menunjukkan penurunan amonia pada hari ke-tiga.

Pembahasan

Penambahan natrium klorida pada air pemberokan ikan belut meningkatkan salinitas, seperti halnya menurut Oyoo-Okoth *et al.* (2011) bahwa peningkatan salinitas dari 0 g L⁻¹, menjadi 2, 4, 8 dan 10 g L⁻¹ menyebabkan osmolalitas air meningkat dari 0,003 Osmol kg⁻¹ menjadi berturut-turut 0,073 Osmol kg⁻¹, 0,145 Osmol kg⁻¹, 0,290 Osmol kg⁻¹, dan 0,363 Osmol kg⁻¹. Pederesen *et al.* (2012) mengungkapkan bahwa osmolalitas ikan belut *Monopterus albus* pada kadar

salinitas 0 dan 5 g L⁻¹ tidak berbeda yaitu $0,274 \pm 0,5$ dan $0,279 \pm 0,3$ Osmol kg⁻¹, tetapi pada salinitas 20 g L⁻¹ osmolalitas ikan dapat mencapai $0,497 \pm 0,8$ Osmol kg⁻¹ walaupun ikan hanya bertahan hidup dalam tiga hari. Pada penelitian ini diketahui bahwa peningkatan osmolalitas air menyebabkan gradien osmotik belut semakin kecil dan pada salinitas 9 g L⁻¹ mendekati isoosmotik, yaitu 0,09 Osmol kg⁻¹. Keadaan ini sesuai dengan pendapat (Kultz 2015) bahwa osmolalitas cairan tubuh ikan adalah konstan, yaitu sekitar 0,300 osmol kg⁻¹, dan bersifat isoosmotik pada lingkungan bersalinitas 9 g L⁻¹. Kondisi isosmotik dapat menekan kebutuhan energi untuk osmoregulasi, seperti yang diungkapkan oleh Lisboa *et al.* (2015) bahwa energi untuk osmoregulasi pada ikan *Mugil liza* dapat diminimalkan dengan salinitas lingkungan yang mendekati kondisi isosmotik. Proses osmoregulasi adalah mekanisme aktif yang bekerja untuk mengganti kehilangan garam tersebut dengan memerlukan energi yang cukup besar, yaitu 25-50% dari total energi metabolisme (Laiz-Carrión *et al.* 2003).

Pemberokan ikan belut pada salinitas 0, 3, 6, dan 9 g L⁻¹ selama tiga hari menimbulkan respons fisiologis ikan belut yang berbeda. Pemberokan mengakibatkan ikan tersebut mengalami peningkatan kadar kortisol pada semua tingkat salinitas. Pemberokan dalam salinitas 0 g L⁻¹ atau air tawar, yang biasa dilakukan oleh pengumpul dan penampung ikan belut, mengakibatkan peningkatan kadar kortisol tertinggi sejalan dengan lama pemberokan dibandingkan dengan kadar kortisol pada awal pemberokan. Pemberokan dalam media air mengakibatkan peningkatan kepadatan dan mengakibatkan peningkatan kadar kortisol ikan, seperti yang dikemukakan oleh Gomes *et al.* (2006) bahwa peningkatan kepadatan yuwana ikan bawal air tawar *Colossoma macropomum* sebanyak 2, 3, dan 4 kali lipat dari 78 kg

dalam 500 L air mengakibatkan kadar kortisol yuwana meningkat 50-100% dari kadar kortisol awal 80 ng mL⁻¹. Namun peningkatan salinitas cenderung menekan pelepasan hormon tersebut sehingga pada salinitas yang lebih tinggi kadar kortisol ikan belut semakin rendah. Menurut Reid *et al.* (1998), pelepasan kortisol merupakan reaksi terhadap stres kronis. Stres adalah bentuk upaya setiap organisme dalam menghadapi suatu perubahan lingkungan dan dapat mengakibatkan perubahan status fisiologis. Stres di atas batas toleransi ikan dapat mereduksi peluang kelangsungan hidup karena ikan lebih rentan terhadap stres dibandingkan hewan lain akibat ketergantungan pada lingkungannya sangat tinggi (Wedemeyer 1996). Faktor stres dapat terjadi secara akut atau kronis dengan menimbulkan respons yang berbeda pada setiap ikan (Pickering 1981), serta merupakan indikator ketidak-sejahteraan atau *poor welfare* akibat homeostasis yang terganggu (Ashley 2007). Faktor stres akan menginduksi, memobilisasi, dan merealokasi energi (Barton 2002), meningkatkan penyerapan oksigen (*oxygen uptake*) dan pemindahan oksigen (*oxygen transfer*) dan menekan fungsi imun (Pickering 1981). Selain itu respons terhadap stres memerlukan belanja energi dan stres kronis yang mengakibatkan metabolisme berjalan lebih cepat sehingga akan menghabiskan energi, oksigen, dan glukosa (Barton 2002). Kortisol yang semakin tinggi pada pemberokan ikan belut yang lebih lama dapat juga diakibatkan oleh kelaparan.

Pemberokan dapat meningkatkan kadar sodium plasma darah belut, yaitu pada pemberokan yang semakin lama maka kadar sodium plasma darah semakin tinggi yang menunjukkan ikan tersebut dapat mengabsorpsi garam dari lingkungannya. Peningkatan salinitas pemberokan menghasilkan kadar sodium plasma darah belut semakin tinggi. Menurut Tsuzuki *et al.* (2001)

peningkatan salinitas dari 0% menjadi 2% mengakibatkan peningkatan sodium, klorida, dan osmolalitas pada ikan air tawar silverside *Odonesthes bonariensis* dan *O. hatcheri* serta tidak menyebabkan kematian. Peningkatan kadar sodium plasma darah ikan belut tertinggi adalah pada media pemberokan bersalinitas 9 g L⁻¹ pada hari ke-3 yaitu mencapai 84,20±11,78 mmol L⁻¹ atau dua kali lipat dari kadar sodium ikan belut sebelum pemberokan. Namun berdasarkan Pedersen *et al.* (2012), kadar sodium plasma ikan belut sekitar 135 mmol pada air bersalinitas 0 dan 5 g L⁻¹, menunjukkan bahwa kadar sodium ikan belut pada penelitian pemberokan ini adalah rendah. Nikoo *et al.* (2010) menyatakan bahwa ikan kutum *Rutilus frisii kutum* mengalami penurunan sodium sebagai respons terhadap stres penangkapan. Kondisi hiponatremia atau kekurangan sodium pada tubuh akan meningkatkan beban osmoregulasi (Febry & Lutz 1987) yang dapat menghabiskan sampai 50% energi metabolik (Laiz-Carrión *et al.* 2003) sehingga menimbulkan gangguan pada saraf, kejang otot, dan kegagalan jantung (Wurts 1995). Ikan air tawar secara alami akan terus menerus mengalami difusi sodium plasma ke lingkungan atau *sodium leakage* akibat gradien osmotik yang tinggi (Wedemeyer 1996). Tampaknya ikan belut pada media air tawar mengalami perembesan sodium dan mendapat kesulitan untuk mengganti sodium yang hilang sehingga mengakibatkan kadar sodium plasma rendah. Dengan demikian, dapat dipahami bahwa tingkah laku ikan belut yang bersembunyi dalam lubang tanah di perairan tawar adalah untuk mencegah perembesan sodium plasma. Di dalam lubang ikan belut dapat menghindari kontak dengan air tawar dalam volume yang besar sehingga difusi sodium plasma ke lingkungan dapat ditekan. Sebagai pembanding, kadar sodium plasma pada ikan air tawar lain se-

perti rainbow trout *Salmo gairdneri* yang mencapai 140-155 mmol L⁻¹ (Kostecki 1984), pada ikan lele hibrida *Clarias* sp. 130-160 mmol L⁻¹ (Koeyputsa & Jongjareanjai 2011), dan pada sidat *Anguilla anguilla* 135 mmol L⁻¹ di air tawar dan 150-165 mmol L⁻¹ di air laut (Kirsch 1972). Sementara kadar sodium plasma ikan laut starry flounder *Platichthys stellatus* berkisar 2.988,70 – 4.138,20 mmol L⁻¹ (Hogstrand *et al.* 1999).

Peningkatan kadar kortisol yang tinggi mengakibatkan peningkatan kadar glukosa seperti yang terlihat pada ikan belut yang diberok dalam salinitas 0 g L⁻¹ sedangkan kadar kortisol yang rendah menghasilkan kadar kortisol yang rendah pula seperti pada ikan belut yang diberok dalam salinitas 9 g L⁻¹. Efek positif peningkatan salinitas adalah menurunkan kadar kortisol dan glukosa darah (Urbinati & Carneiro 2006). Periode pemulihan kortisol pada ikan memerlukan waktu sekitar 24 jam seperti yang dikemukakan oleh Specker & Schreck (1980) bahwa ikan coho salmon *Oncorhynchus kisutch* memerlukan waktu selama 24 jam untuk memulihkan kadar kortisol plasma yang meningkat akibat pengangkutan selama 4 dan 12 jam tanpa penambahan garam. Kebutuhan glukosa pada kadar yang tinggi selama ikan mengalami stres menurunkan glikogen hati melalui proses glikogenolisis, yaitu penguraian glikogen menjadi glukosa. Pada ikan rainbow trout *O. mykiss*, aktivitas glikogenolisis tertinggi adalah pada hati, yaitu mencapai 60% dibandingkan pada organ otot dan organ lainnya (Mehrani & Storey 1993). Disamping itu, ketiadaan pakan selama pemberokan juga turut menyebabkan penurunan kadar glikogen karena tidak tersedia sumber energi baru. Namun demikian, pemberokan pada durasi tiga hari tidak menimbulkan kematian dan tidak berpengaruh nyata pada faktor kondisi ikan belut sehingga durasi pemberokan tersebut dapat dilakukan karena da-

pat memulihkan kadar sodium plasma darah belut.

Simpulan

Pemberokan dalam media air menunjukkan ikan belut mengalami stres dan memperlihatkan peningkatan kadar kortisol dan glukosa darah. Namun demikian, peningkatan salinitas dapat menurunkan gradien osmotik, menekan tingkat stres, dan memperbaiki status fisiologis belut selama pemberokan. Respons fisiologis terbaik diperoleh pada pemberokan hari ke-tiga dalam media air bersalinitas 9 g L^{-1} , yaitu gradien osmotik paling rendah ($0,090 \text{ mOsmol kg}^{-1}$), kadar sodium plasma darah tertinggi ($84,20 \pm 11,78 \text{ mmol L}^{-1}$), kadar glukosa terendah ($21,52 \pm 6,99 \text{ mg dL}^{-1}$) dibandingkan dengan awal pemberokan dan dengan salinitas yang lebih rendah.

Persantunan

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas pemberian Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) Program Doktorat dan kepada Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor atas fasilitas laboratorium dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar pustaka

- Affandi R, Ernawati Y, Wahyudi S. 2003. Studi bio-ekologi belut *Monopterus albus* pada berbagai ketinggian tempat di Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 3(2): 49-55
- Alit IKG. 2009. Pengaruh padat penebaran terhadap pertambahan berat dan panjang badan belut (*Monopterus albus*). *Jurnal Biologi*, 8(1): 25-28.
- Ashley PJ. 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3): 199-235.
- Barman J, Baruah UK, Goswami UC. 2013. Indigenous techniques of catching the mud eel, *Monopterusuchia* (Ham.) in Goalpara district, Assam. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 12(1): 109-115
- Barton BA. 2002. Stress in Fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrated Comparative Biology*, 42(3): 517-525.
- Berka R. 1986. *The transport of live fish. A review*. EIFAC Technical Paper 48: 52 p.
- Carneiro PSF, Swarofsky EC, Souza DPE, César TMR, Baglioli B, Baldisserotto B. 2009. Ammonia-, sodium chloride-, and calcium sulfate-induced changes in the stress responses of jundiá, *Rhamdia quelen*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(6): 810-817.
- Cole RA, Choudhury A, Nico LG, Griffin KM. 2014. *Gnathostoma spinigerum* in live Asian swamp eels *Monopterus* spp. from food markets and wild populations, United States. *Emerging Infectious Diseases*, 20(4): 634-642.
- Febry R, Lutz P. 1987. Energy partitioning in fish: the activity-related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. *Journal of Experimental Biology*, 128(1): 63-85
- Fujiani T, Efrizal, Rahayu R. 2015. Laju pertumbuhan belut sawah (*Monopterus albus* Zuiew) dengan pemberian berbagai pakan. *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 4(1): 50-56.
- Gomes LC, Araujo-Lima CARM, Roubach R, Chippari-Gomes AR, Lopes NP, Urbinati EC. 2006. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(1): 493-502
- Hogstrand C, Ferguson EA, Galvez F, Shaw JR, Webb NA, Wood CM. (1999). Physiology of acute silver toxicity in the starry flounder (*Platichthys stellatus*) in seawater. *Journal of Comparative Physiology B*, 169(7): 461-573.
- Ishimatsu A. 2012. Evolution of the cardiorespiratory system in air-breathing fishes. *Aqua-Bioscience Monographs*, 5(1): 1-28.
- Khan NH, Ngan HTB. 2010. Current practices of rice field eel *Monopterus albus* (Zuiew, 1793) culture in Viet Nam. *Aquaculture Asia Magazine*, 15(3): 26-29
- Kirsch R. 1972. Plasma chloride and sodium and chloride space in the European eel *Anguilla*

- anguilla* L. *Journal of Experimental Biology*, 57(1): 113-131
- Koakoski G, Kreutz LC, Fagundes M, Oliveira TA, Ferreira D, da Rosa JGS, Barcellos LJG. 2013. Repeated stressors do not provoke habituation or accumulation of the stress response in the catfish *Rhamdia quelen*. *Neotropical Ichthyology*, 11(2): 453-457.
- Koeypudsa W, Jongjareanjai M. 2011. Impact of water temperature and sodium chloride on stress indicator of hybrid catfish (*Clarias gariepinus* Burchell x *C. macrocephalus* Gunther). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(4): 369-378
- Kostecki PT. 1984. The effect of osmotic and ion-osmotic stresses in the blood and urine composition and urine flow of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 79A(2): 215-221
- Kumar P, Saurabh S, Pak AK, Sahu NP, Arasu AR. 2014. Stress mitigating and growth enhancing effect of dietary tryptophan in rohu (*Labeo rohita*, Hamilton, 1822) fingerlings. *Fish Physiology and Biochemistry*, 40(5): 1325-1338.
- Kultz D. 2015. Review. Physiological mechanisms used by fish to cope with salinity stress. *The Journal of Experimental Biology*, 218(12): 1907-1914
- Laiz-Carrión R, Martín del Río MP, Miguez JM, Mancera JM, Soengas JL. 2003. Influence of cortisol on osmoregulation and energy metabolism in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology*, 298 (2): 105-118.
- Liem KF. 1967. Functional morphology of the integumentary, respiratory, and digestive systems of Synbranchoid fish *Monopterus albus*. *Copeia*, 2: 375-388.
- Lisboa V, Barcarolli IF, Sampaio LA, Bianchini A. 2015. Effects of salinity on survival, growth and biochemical parameters in juvenile Lebranch mullet *Mugil liza* (Perciformes: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 447-452
- Mehrani H, Storey KB. 1993. Control of glycolysis and effects of exercise on phosphorylase kinase and cAMP-dependent protein kinase in rainbow trout organs. *Biochemistry and Cell Biology*, 71(11-12): 501-506
- Nash RDM, Valencia AH, Geffen AJ. 2006. The origin of Fulton's condition factor-setting the record straight. *Fisheries*, 31(5): 236-239
- Nico LG. 2005. *Monopterus albus*. USGS (U.S. Geological Survey) Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, Florida. Available: http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.asp?species_ID¼974 (July 2005)
- Nico LG, Sharp P, Collins TM. 2011. Imported Asian swamp eels (Synbranchidae: *Monopterus*) in North American live food markets: Potential vectors of non-native parasites. *REABIC Aquatic Invasions*, 6(1): 69-76.
- Nikoo M, Falahatkar B, Alekhorshid M, Haghi BN, Asadollahpour A, Dangsareki MZ,
- Langroudi HF. 2010. Physiological stress responses in kutum *Rutilus frisii kutum* subjected to captivity. *International Aquatic Research*, 2(1): 55-60
- Oyoo-Okoth E, Cherop L, Ngugi CC, Chepkiruo Boit V, Manguya-Lusega D, Ani-Sabwa J, Khario-Karisa H. 2011. Survival and physiological response of *Labeo victorianus* (Pisces: Cyprinidae, Boulenger 1901) juvenile to transport stress under a salinity gradient. *Aquaculture* 319 (1): 226-231
- Pedersen PBM, Hansen K, Houg DTT, Bayley M, Wang T. 2012. Effects of salinity on osmoregulation, growth and survival in Asian swamp eel (*Monopterus albus*) (Zuiew 1793). *Aquaculture Research*, 45(3): 427-438.
- Pickering AD. 1981. *Stress and Fish*. Academic Press. London. 367 p.
- Rainboth WJ. 1996. *Fishes of the Cambodian Mekong*. FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purposes. M-40 ISBN 92-5-103743-4. FAO, Rome, Italy. 265 p
- Reid SG, Bernier NJ, Perry SF. 1998. Review. The adrenergic stress response in fish: control of catecholamine storage and release. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C 120(1): 1-27
- Sarma K, Prabakaran K, Khrisnan P, Grinson G, Kumar AA. 2013. Response of air breathing fish, *Clarias batrachus* to salinity stress: an experiment case for their farming in brackishwater areas in Andaman, India. *Aquaculture International*, 21(1): 183-196.

- Schofield PJ, Nico LJ. 2009. Salinity tolerance of non-native Asian swamp eels (Teleostei: Synbranchidae) in Florida, USA: comparison of three populations and implications for dispersal. *Environmental Biology of Fish*, 85(1): 51–59.
- Shafland PL, Gestring KB, Stanford MS. 2010. An assessment of the Asian swamp eel (*Monopterus albus*) in Florida. *Reviews in Fisheries Science*, 18(1): 25 - 39
- Specker JL, Schreck CB. 1980. Stress response to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37(5): 765-769.
- Tay ASL, Chew S, Ip YK. 2003. The swamp eel *Monopterus albus* reduces endogenous ammonia production and detoxifies ammonia to glutamine during 144 h of aerial exposure. *The Journal of Experimental Biology*, 206(Pt 14): 2473-2486.
- Tok CY, Chew SF, Pek WYZ, Loong AM, Wong WP, Ip YK. 2009. Glutamine accumulation and up-regulation of glutamine synthetase activity in the swamp eel *Monopterus albus* (Zuiew) exposed to brackishwater. *The Journal of Experimental Biology*, 212(Pt 9): 1248-1258
- Tok CY, Chew SF, Ip YK. 2011. Gene cloning and mRNA expression of glutamate dehydrogenase in liver, brain, and intestine of the swamp eel, *Monopterus albus* (Zuiew), exposed to fresh water, terrestrial condition, environmental ammonia or salinity stress. *Frontiers in Physiology*, 2(100): 1-11.
- Tsuzuki MY, Ogawa K, Strussmann CA, Maita M, Takashima F. 2001. Physiological responses during stress and subsequent recovery at different salinities in adult pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Aquaculture*, 200(3): 349-362
- Urbinati CE, Carneiro PCF. 2006. Sodium chloride added to transport water and physiological responses of *Brycon amazonicus* (Teleost: Characidae). *Acta Amazonica*, 36(4): 569 - 572
- Wedemeyer GA. 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Chapman & Hall New York. 232 p.
- Wurts WA. Using salt to reduce handling stress in channel catfish. *World Aquaculture*, 37(3): 26-27.