

**PENGARUH KESADAHAN PADA MEDIA BUDIDAYA BERSALINITAS 3 ppt
TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP
IKAN BARBIR (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan)**

**Effect of Hardness in 3 ppt of Water Salinity on growth and survival rates of
Barb Fish (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan)**

K. Nirmala, R. Wulandari dan D. Djokosetiyanto

*Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680*

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of hardness on growth and survival rate of barb fish (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan) reared in the 3 ppt of water salinity. Fish were reared in three different hardnesses, i.e., 54, 72, and 90 mg/L CaCO₃ for 30 days. The results of study showed that fish reared in water hardness of 72 mg/L CaCO₃ had higher daily growth rate (1.15%) compared with other treatments. Daily growth rate of fish reared in water hardness of 54 and 90 mg/L CaCO₃ were 0.76 and 0.37%, respectively. There was no effect of hardness on survival rate of barb fish.

Keywords: barb fish, *Barbus conchoni*us, hardness, salinity

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kesadahan yang berbeda terhadap laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup ikan barbir (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan) yang dipelihara pada air bersalinitas 3 ppt. Ikan dipelihara dalam 3 tingkat kesadahan yang berbeda, yaitu 54 mg/L CaCO₃, 72 mg/L CaCO₃, dan 90 mg/L CaCO₃ selama 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan harian tertinggi diperoleh pada ikan yang dipelihara pada kesadahan 72 mg/L CaCO₃ (1,15%) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Laju pertumbuhan harian ikan yang dipelihara pada kesadahan 54 dan 90 mg/L CaCO₃ masing-masing mencapai 0,76% dan 0,37%. Kelangsungan hidup ikan barbir tidak dipengaruhi oleh kesadahan.

Kata kunci: ikan barbir, *Barbus conchoni*us, kesadahan, salinitas

PENDAHULUAN

Masalah kematian yang sering dialami pada usaha pembesaran disebabkan oleh berbagai faktor lingkungan yang merupakan stresor terjadinya penyakit baik infeksi maupun non infeksi. Manipulasi lingkungan diharapkan mampu mengurangi stresor, menjaga kestabilan kualitas air di perairan serta meningkatkan keragaman ikan terutama efisiensi energi untuk keperluan metabolisme dan pertumbuhan.

Perlakuan salinitas yang sama pada semua perlakuan diharapkan mampu mencegah dan mengeliminir penyakit infeksi serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi dalam proses osmoregulasi. Salinitas berhubungan dengan osmoregulasi dan pertukaran ion dalam tubuh. Tubuh ikan air

tawar memiliki tekanan osmotik yang lebih besar daripada lingkungannya (hiperosmotik) (Kumar dan Tembhere, 1997). Peningkatan salinitas air akan mengakibatkan keadaan hipertonik berkurang, sehingga ikan akan lebih banyak menggunakan energi untuk pertumbuhannya. Selain itu salinitas juga merupakan fasilitator dari pertukaran ion-ion antara darah (tubuh) ikan dan air (lingkungan) yang dapat menjaga kestabilan regulasi asam basa dalam tubuh (Wedemeyer, 1996). Salinitas air yang memberikan pengaruh nyata terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan nilam (*Osteochilus hasselti*) adalah 3 ppt (Prajito, 1998).

Peningkatan kesadahan difungsikan sebagai penjaga kestabilan nilai pH agar tidak mengganggu keseimbangan

(homeostasi) di perairan. Sifat pH yang fluktuatif dapat dikendalikan dengan penyangga (*buffer*), salah satunya melalui metode pengapuran. Pengapuran akan meningkatkan konsentrasi kesadahan dan/atau alkalinitas sebagai penyangga pH di perairan (Boyd, 1982). Selain itu kapur yang mengandung kalsium dapat mensuplai kebutuhan kalsium ikan untuk keperluan metabolisme dan pertumbuhannya. Nilai kesadahan yang memberikan pengaruh nyata pada kelangsungan hidup dan pertumbuhan pada benih ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) adalah 75 mg/L setara CaCO_3 (Nurhidayati, 2000).

BAHAN & METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada bulan Maret sampai Mei 2000. Ikan barbir (*Barbus conchoni* Hamilton-Buchanan) ukuran medium (M) yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu diadaptasikan dengan salinitas 3 ppt secara bertahap. Proses adaptasi dilakukan selama 6 hari dengan peningkatan salinitas 0,5 ppt per hari. Air kontrol bersalinitas 3 ppt tersebut dihitung kesadahannya untuk mendapatkan “nilai kesadahan air kontrol”. Larutan induk untuk perlakuan dibuat dengan cara melarutkan kapur dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ke dalam air bersalinitas 3 ppt sampai jenuh. Setelah diaerasi selama 1 hari dan terjadi pengendapan, dihitung nilai kesadahannya. Salinitas air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 ppt dengan perlakuan tingkat kesadahan yang berbeda (54 mg/L CaCO_3 , 72 mg/L CaCO_3 dan 90 mg/L CaCO_3) dan masing-masing terdiri dari 3 ulangan.

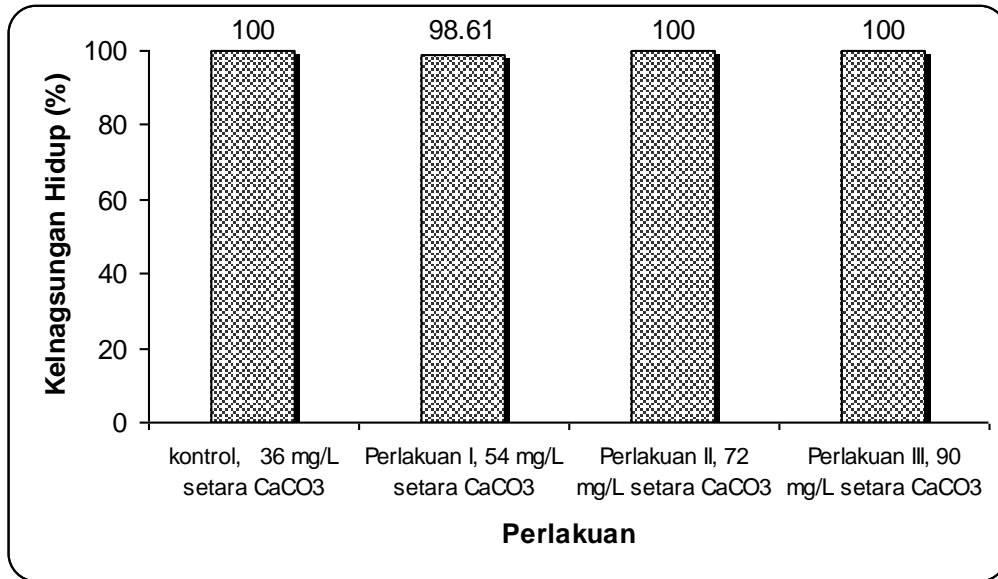
Pemeliharaan dilakukan pada wadah akuarium berukuran 2,5×2,5×2,5 dm selama 30 hari dengan kepadatan 2 ekor/liter. Pemberian pakan selama pemeliharaan menggunakan pakan komersil sebanyak 3 kali secara *ad libitum*. Penyifonan dilakukan setiap hari dan penambahan air dilakukan

menggunakan air dengan salinitas dan kesadahan sesuai perlakuan. Parameter yang diamati adalah tingkat kelangsungan hidup (SR), laju pertumbuhan harian dan kualitas air yang meliputi: oksigen terlarut, pH, suhu, amonia dan nitrit. Pengambilan sampel air dilakukan setiap lima hari. Analisa tingkat kelangsungan hidup (SR) dan laju pertumbuhan harian (GR) menggunakan analisa statistik ANOVA, dan bila berbeda nyata diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Sedangkan parameter kualitas air diuji dengan analisa statistika nonparametrik Kruskal-Wallis.

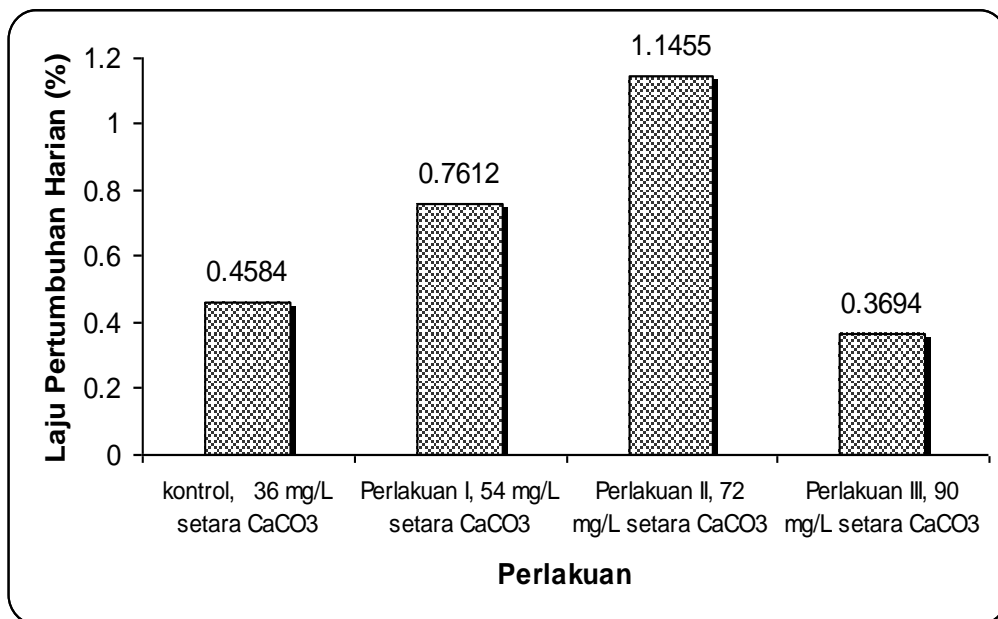
HASIL & PEMBAHASAN

Kelangsungan hidup

Semua perlakuan tidak memberi respon yang berbeda pada kelangsungan hidup ikan barbir selama masa pemeliharaan, sama halnya dengan kontrol (Gambar 1). Dari analisis statistik (ANOVA) diperoleh hasil bahwa kelangsungan hidup pada semua perlakuan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Peningkatan kesadahan pada media bersalinitas 3 ppt tidak mempengaruhi kelangsungan hidup selama masa pemeliharaan. Hal itu terjadi karena konsentrasi kesadahan 36 mg/L CaCO_3 (kontrol), 54 mg/L CaCO_3 (perlakuan I), 72 mg/L CaCO_3 (perlakuan II) dan 90 mg/L CaCO_3 (perlakuan III) termasuk dalam kisaran yang sesuai dengan kebutuhan hidup ikan. Konsentrasi tersebut bukan konsentrasi letal sehingga pengaruh langsungnya terhadap kelangsungan hidup tidak nyata dan hanya akan terlihat jelas pada laju pertumbuhan harian (Gambar 2). Menurut Stickney (1979) kisaran kesadahan yang dibutuhkan untuk keperluan perikanan adalah 20-150 mg/L CaCO_3 , sedangkan untuk keperluan budidaya intensif menurut diperlukan kisaran kesadahan antara 50-200 mg/L CaCO_3 (Wedemeyer, 1996). Selain itu ikan barbir mempunyai toleransi kesadahan 100 mg/L CaCO_3 (McInery dan Gerard, 1996).



Gambar 1. Tingkat kelangsungan hidup ikan barbir (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan) ukuran medium pada salinitas 3 ppt dan kesadahan 36 (kontrol), 54, 72, 90 mg/L setara CaCO₃ selama 30 hari



Gambar 2. Laju pertumbuhan harian ikan barbir (*Barbus conchoni*us Hamilton-Buchanan) ukuran medium pada salinitas 3 ppt dan kesadahan 36 (kontrol), 54, 72, 90 mg/L setara CaCO₃ selama 30 hari

Kematian satu ekor ikan terjadi pada perlakuan 54 mg/L CaCO₃ diduga akibat kondisi ikan yang lemah. Penjarangan dilakukan pada sampling ke-3 karena daya dukung lingkungan yang menurun (konsentrasi nitrit tinggi) baik pada kontrol maupun perlakuan untuk mencegah tingkat

kematian ikan. Penjarangan juga dilakukan untuk mendapatkan laju pertumbuhan harian yang optimal. Kepadatan ikan setelah penjarangan adalah 16 ekor per akuarium dan tidak terjadi kematian lagi sampai akhir pemeliharaan.

Pertumbuhan

Dari analisis statistik (ANOVA) diperoleh hasil bahwa laju pertumbuhan pada kontrol dan perlakuan secara nyata dipengaruhi oleh perlakuan ($P < 0,05$). Hal itu berarti kontrol dan perlakuan memberi respon yang berbeda terhadap laju pertumbuhan ikan barbir selama masa pemeliharaan. Dan berdasarkan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) yang dilakukan, diperoleh hasil tidak berbeda nyata antara kontrol dengan perlakuan I dan III, antara perlakuan I dengan perlakuan II dan III, sedangkan hasil berbeda nyata ($P < 0,01$) adalah antara perlakuan II dengan kontrol dan perlakuan III.

Hasil itu berbeda dengan hasil uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) yaitu tidak berbeda nyata antara kontrol dengan perlakuan I dan III. Hasil berbeda nyata ($P < 0,05$) diperoleh dari perbandingan antara perlakuan I dengan perlakuan II dan III, sedangkan hasil berbeda nyata ($P < 0,01$) diperoleh dari perbandingan antara perlakuan II dengan kontrol dan perlakuan III.

Konsentrasi kesadahan pada kontrol maupun perlakuan masih dalam toleransi untuk ikan barbir. Ikan barbir mempunyai toleransi sampai konsentrasi kesadahan 100 mg/L CaCO_3 (Gerard, 1996). Kesadahan terutama kalsium sangat diperlukan untuk pembentukan tulang dan eksoskeleton, osmoregulasi serta mengurangi toksisitas ion hidrogen, amonia dan ion-ion logam. Keterpaduan antara kesadahan dan salinitas dalam batas toleransi tertentu memberikan dampak yang baik akan ketersediaan kalsium di periran (Boyd, 1990). Peningkatan kesadahan pada perlakuan I (54 mg/L CaCO_3) belum berdampak optimal pada laju pertumbuhan harian (Gambar 2). Laju pertumbuhan harian terbaik tercatat pada perlakuan II (72 mg/L CaCO_3), sedangkan perlakuan III (90 mg/L CaCO_3) memberikan dampak penurunan pertumbuhan. Hal itu dikarenakan adanya kelebihan penyediaan kalsium yang berpengaruh pada kualitas air dan pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan. Terbukti pada perlakuan III (90 mg/L CaCO_3) didapatkan kandungan nitrit tertinggi.

Kesadahan dan salinitas yang saling berinteraksi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju pertumbuhan harian, berbeda dengan pengaruhnya terhadap kelangsungan hidup ikan. Proses kerja osmoregulasi yang terjadi karena keadaan hipertonik ikan terhadap lingkungan akan berkurang dengan adanya kondisi salinitas 3 ppt dan cenderung menjadi lebih isotonik. Keadaan ini menyebabkan energi untuk osmoregulasi berkurang dan memberikan dampak lain yaitu peningkatan buangan amonia dan nitrit dalam air. Kesadahan yang mengandung ion kalsium, magnesium dan karbonat serta salinitas yang mengandung unsur dominan ion natrium dan klorida mengakibatkan terjadinya pertukaran ion pada epitelium insang sebagai membran pemisah antara darah dan air. Pertukaran Na^+/H^+ dan $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ meningkatkan ekskresi amonia sehingga konsentrasinya dalam air meningkat. Selain itu, ion kalsium dan klorida menyebabkan kitrit kalah bersaing dalam penyerapannya oleh epitelium insang karena epitelium insang cenderung mengikat ion kalsium dan klorida daripada nitrit (Wedemeyer, 1996). Hal itu menyebabkan konsentrasi nitrit dalam air menjadi tinggi. Semakin banyak kapur yang terkandung dalam air yang mempunyai kesadahan lebih tinggi, kurang baik untuk pertumbuhan ikan seperti terjadi pada perlakuan III sehingga pertumbuhan menurun tajam.

Konsentrasi kesadahan yang tinggi terbukti tidak mengakibatkan perubahan pH. Hal itu diduga sistem penyangga (*buffer*) pH pada kontrol (konsentrasi kesadahan 36 mg/L CaCO_3) sudah bekerja optimal. Nilai pH air selama penelitian (6,39-7,79) yang lebih rendah dari nilai pH darah (7,6-7,8) menyebabkan amonia diekskresikan ke air secara berlebihan. Namun konsentrasi amonia dalam air tergolong tidak berbahaya bagi ikan. Namun konversinya menjadi nitrit telah melewati ambang toleransi sehingga perlu dilakukan penjarangan agar daya dukung lingkungan kembali stabil.

Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh faktor eksternal berupa makanan dan lingkungan (Huet, 1971). Faktor lingkungan tersebut adalah suhu (Effendie, 1997),

oksigen terlarut dan salinitas (Peter, 1979). Interaksi antara jumlah makanan dan kondisi kualitas air sangat menentukan pertumbuhan ikan. Dari hasil didapatkan bahwa konsentrasi CaCO_3 terbaik untuk kesadahan adalah 72 mg/L CaCO_3 yang dibuktikan dengan pertumbuhan yang stabil (tidak negatif). Dapat diasumsikan bahwa pakan dan lingkungan memberikan kinerja yang optimal pada pertumbuhan, dan interaksi antara kesadahan 72 mg/L CaCO_3 dengan salinitas 3 ppt memberikan kinerja yang optimal dalam mendukung lingkungan guna menunjang pertumbuhan.

Dari hasil analisis statistik nonparametrik Kruskal-Wallis, semua perlakuan tidak berpengaruh nyata pada semua parameter kualitas air (suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, maupun nitrit) selama masa pemeliharaan. Suhu air selama pemeliharaan tidak berbeda nyata untuk masing-masing perlakuan yaitu berkisar antara 25,2-27,4°C. Dengan demikian perlakuan yang diberikan tidak mempengaruhi suhu air bahkan cenderung stabil dan menyebar normal. Kisaran suhu tersebut termasuk dalam kisaran suhu optimal untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan barbir yaitu 20-27°C (T.F.H, 1994). Dengan demikian ikan dapat melakukan metabolisme dan pengonsumsi oksigen terlarut secara normal serta imunitas, aktivitas dan pertumbuhan tidak terganggu (Wedemeyer, 1996).

Oksigen terlarut merupakan gas yang sangat penting untuk kesejahteraan hewan air (Manahan, 1994), termasuk ikan. Ketersediaan oksigen terlarut sangat penting dalam budidaya intensif, karena bila kekurangan akan mengakibatkan dampak negatif pada kesehatan ikan bahkan kematian (Wedemeyer, 1996). Dan dalam budidaya intensif ditambahkan aerasi untuk mencegah terjadinya persaingan oksigen (Lingga dan Susanto, 1999).

Kisaran oksigen terlarut selama masa pemeliharaan adalah 1,48-6,90 mg/L. Pada awal penelitian konsentrasi oksigen terlarut menyebar merata dengan nilai lebih dari 5 mg/L. hal itu dikarenakan belum adanya pengaruh perlakuan baik pada ikan maupun pada kualitas air. Pada sampling kedua

kisaran konsentrasi oksigen terlarut pada kontrol ulangan 1 dan 2 relatif rendah (2,29 dan 3,81 mg/L) dikarenakan aerator mengalami pengurangan tekanan sehingga tidak dapat menjalankan aerasi dengan baik. Sama halnya yang terjadi pada saat sampling keempat pada perlakuan 72 CaCO_3 ulangan 2. Hingga hari ke-25, konsentrasi oksigen terlarut berada pada kisaran 4,02-6,27mg/L sehingga masih mendukung kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Namun pada hari ke-30 didapatkan konsentrasi oksigen turun sampai pada kisaran 1,84-3,89 mg/L. Hal itu terjadi dikarenakan penumpukan sisa pakan yang tinggi (terlihat dari kekeruhan air dan filter) sehingga filter tidak berfungsi secara optimal dan air pun jenuh. Selain itu penurunan konsentrasi oksigen terlarut berkurang karena ukuran ikan yang makin besar (Boyd, 1982) dan dekomposisi bahan organik yang membutuhkan oksigen (Welch, 1952). Filtrasi sangat membantu penyediaan oksigen karena sisa pakan akan terikat pada filter dan dengan bantuan bakteri pada filter bisa mengubah bahan toksik menjadi non toksik.

Menurut Swingle (1969) dalam Boyd (1990) kisaran oksigen selama masa pemeliharaan masih dapat menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Kisaran oksigen terlarut terendah yang tercatat (1,48-3,89) mg/L tidak akan menyebabkan kematian jika tidak terjadi dalam waktu yang lama, namun dampaknya pada pertumbuhan harus diperhatikan.

Kisaran nilai pH selama pemeliharaan adalah 6,39-7,79 dan untuk setiap perlakuan berada pada kisaran nilai pH 6-8. Nilai pH tersebut termasuk dalam kisaran yang diinginkan dalam produksi ikan (Swingle, 1960 dalam Boyd, 1990) termasuk ikan barbir dan merupakan kisaran bagi budidaya intensif (Wedemeyer, 1996). Dengan demikian kapasitas *buffer* yang terkandung dalam dolomit mampu menyangga dan meminimalkan fluktuasi nilai pH. Pada akhir pemeliharaan, pH cenderung lebih rendah dibandingkan pada awal pemeliharaan. Hal itu disebabkan oleh penurunan konsentrasi oksigen terlarut pada akhir pemeliharaan (Pescod, 1973).

Sumber utama amonia di perairan adalah ekskresi langsung dari hasil metabolisme ikan (Wedemeyer, 1982). Keberadaan amonia di perairan tergantung pada suhu, pH dan salinitas (Boyd, 1982; Bower dan Bidwell, 1978) serta keberadaan ion sodium dan kesadahan (Wedemeyer, 1996).

Konsentrasi amonia selama masa pemeliharaan berkisar antara 0,0083-0,0559 mg/L NH_3 . Jika nilai pH lebih tinggi dari nilai pH air, ikan akan mengekskresikan amonia darah ke air sehingga konsentrasi amonia di air meningkat (Wedemeyer, 1996). Konsentrasi amonia yang terjadi melebihi batas minimum ketetapan EPA (1986), yaitu 0,01 mg/L bahkan melebihi konsentrasi maksimum yaitu 0,05 mg/L juga dipengaruhi oleh salinitas yang merupakan fasilitator ekskresi amonia.

Konsentrasi amonia yang tinggi akan mempengaruhi permeabilitas ikan terhadap air dan menurunkan konsentrasi ion-ion dalam tubuh. Hal itu meningkatkan konsumsi oksigen dalam jaringan sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada insang dan mengurangi kemampuan darah dalam mentranspor oksigen (Boyd, 1982; 1990). Sampai pada tahap konsentrasi amonia dalam air lebih tinggi dari darah ikan, maka akan terjadi penurunan laju ekskresi amonia dari ikan karena adanya penghambatan aliran keluarnya sehingga amonia dalam darah meningkat (Wedemeyer, 1996). Hal tersebut menyebabkan rusaknya insang, meningkatnya konsumsi oksigen dan bertambahnya energi untuk keperluan detoksifikasi dan gangguan osmoregulasi (Boyd, 1990). Kadar amonia masing-masing perlakuan tidak berbeda jauh, namun terlihat bahwa pada kesadahan yang lebih tinggi konsentrasi amonianya secara umum lebih rendah dibanding dengan kesadahan yang lebih rendah. Hal itu menandakan bahwa kesadahan mempengaruhi keberadaan amonia, karena kesadahan akan mereduksi toksisitas amonia (Boyd, 1990).

Nitrit merupakan bahan intermedier pada proses nitrifikasi. Hasil selama pemeliharaan menyajikan bahwa sebelum dilakukan penjarangan terjadi peningkatan konsentrasi nitrit pada kontrol dan perlakuan hingga mencapai konsentrasi 17,34 mg/L. Dapat

dikatakan bahwa sumber nitrit adalah hasil dekomposisi aerob dari buangan organik (Wedemeyer, 1996) yang membutuhkan suplai oksigen yang tinggi. Dalam keadaan oksigen rendah tingkat toksisitas nitrit akan semakin meningkat. Untuk itu dilakukan penjarangan kepadatan ikan agar persaingan penggunaan oksigen oleh ikan maupun detoksifikasi nitrit lebih rendah.

Kalsium dan klorida meningkatkan toleransi terhadap nitrit, karena nitrit kalah bersaing dengan ion-ion tersebut sehingga konsentrasi nitrit dalam air menjadi tinggi. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Wedemeyer (1996) bahwa ikan lebih menyukai kalsium dan klorida daripada nitrit.

Keadaan air tidak teraerasi sangat letal pada proses nitrifikasi, karena proses ini tidak akan terjadi dalam keadaan tidak teraerasi. Aerasi sangat diperlukan untuk mencegah kekurangan oksigen dan akumulasi metabolit ion hidrogen pada lingkungan mikrobial (Avnimelech *et al.*, 1992).

Sebelum dilakukan penjarangan didapatkan konsentrasi nitrit mencapai 17,34 mg/L (perlakuan III). Setelah dilakukan penjarangan, konsentrasi nitrit turun dengan konsentrasi tertinggi mencapai 6,12 mg/L dan semakin menurun sampai akhir pemeliharaan. Hal tersebut diduga karena adanya penjarangan sehingga menurunkan beban lingkungan dan mengoptimalkan kerja bakteri dalam mengkonversi nitrit menjadi nitrat. Disamping itu juga oksidasi amonia ke amonium ke nitrit sangat sedikit. Konsentrasi nitrit yang aman berada pada kisaran konsentrasi NO_2 -N sebesar 0,5-5,0 mg/L yang sama dengan konsentrasi NO_2 sebesar 1,64-16,43 mg/L.

KESIMPULAN

Perlakuan peningkatan kesadahan dengan konsentrasi yang berbeda-beda tidak mempengaruhi kelangsungan hidup, namun berpengaruh secara nyata pada laju pertumbuhan harian ikan barbir (*Barbus conchoni* Hamilton-Buchanan). Perlakuan kesadahan 72 mg/L setara CaCO_3 pada media budidaya bersalinitas 3 ppt

memberikan pengaruh terbaik terhadap produksi ikan barbir.

Berdasarkan hasil analisis statistik nonparametrik, perlakuan peningkatan kesadahan dengan konsentrasi yang berbeda-beda tidak secara nyata mempengaruhi parameter-parameter kualitas air, walaupun terjadi interaksi salinitas dan kesadahan yang memberikan dampak perubahan konsentrasi amonia dan nitrit dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Avnimelech, Y., N. Mozes and B. Weber. 1992. Effect of aeration and mixing on nitrogen and organic transformations in simulated fish ponds. *Aquaculture Engineering*.
- Bower, C. E. and J. P. Bidwell. 1978. Ionization of ammonia in seawater: effect of temperature, pH and salinity. *Journal Fishes Quality*.
- Boyd, C. E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Boyd, C. E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co., Alabama.
- Effendie, M. I. 1997. *Metoda Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama, Bogor.
- EPA. 1986. *Quality Criteria for Water*. Journal EPA 40/5-8-001. Washington DC: US. Environmental Protection Agency.
- Huet, M. 1971. *Textbook of Fish Culture and Cultivation of Fish*. Fishing News Book, Ltd., London.
- Kumar, S. dan M. Tembhere. 1997. *Anatomy and Physiology of Fish*. Vikas Publishing House PVT LTD., New Delhi.
- Lingga, P. dan H. Susanto. 1999. *Ikan Hias Air Tawar*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Manahan, S. E. 1994. *Environmental Chemistry*. Lewis Publishers, Washington DC.
- McInery, J. E. dan H. W. Wolf. 1990. In: C. E. Boyd (Ed.), *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co., Alabama.
- Nurhidayati, D. 2000. Manipulasi Ca dan Mg terhadap benih ikan patin *Pangasius hypophthalmus* Sauvage. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Prajito. 1998. Kelangsungan hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) dalam Salinitas Air yang Berbeda. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Pescod, M. D. 1973. Investigation of Rational Effluent and stream Standard for Tropical Countries. *Interim Research Report*. Bangkok: A. I. T.
- Peter, R. E. 1979. The Brain and Feeding Behavior. In: W. S. Hoar, D. J. Randall dan J. R. Brett (Eds.). *Fish Physiology*. Vol. VIII. New York: Academic Press.
- Stickney, R. R. 1979. *Principles of Warmwater Aquaculture*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Swingle, H. S. 1990. In: C. E. Boyd (Ed.). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co., Alabama.
- T.F.H. 1994. *Innes's Exotic Aquarium Fishes: A Work of General Reference*. New Jersey: T.F.H. Publications, Inc.
- Wedemeyer, A. H. 1972. *Growth and Ecology of Fish Populations*. Academic Press, Inc., London.
- Wedemeyer, G. A. 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture System*. Chapman and Hall, New York.

Wedemeyer, G. A. dan W. T. Yasutake.
1978. Prevention and Treatment of
Nitrite Toxicity in Juvenile Steelhead
trout (*Salmo gairdneri*). Journal of the
Fisheries Research Board of Canada.

Welch, P. S. 1952. Limnology. McGraw-Hill
Book Company, Inc., New York.