

PENGARUH CAHAYA TERHADAP AKTIVITAS METABOLISME IKAN LELE DUMBO (*CLARIAS GARIEPINUS*) PADA SIMULASI TRANSPORTASI SISTEM TERTUTUP

*Effect of Light On The Metabolic Activity of Dumbo Catfish (*Clarias gariepinus*) Wet Closed System for Transportation Simulation*

Ruddy Suwandi*, Agoes M Jacob, Vickar Muhammad

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

*Korespondensi: Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga 16680, Telp. 0251 8622915 Fax. 0251 8622916
Email: rdsuwandi@yahoo.com

Abstract

Consumer demand for commodities is growing, especially for the type of fish that have high economic value, one of which is dumbo catfish (*Clarias gariepinus*). Handling of the transport system is needed to keep fish alive until the destination. The purpose of this research was to study the effect of light intensity on simulated fish either at rest or moving. The study was conducted with simulation of a closed system transportation for six hours and measuring the water quality each hour. The treatment used were a light simulation, dark simulation, non-simulated light, and dark non-simulation. DO values decrease from 5,0175 ppm to 2,3812 ppm after 6 hours transportation. Water temperature during research at 27,8-29,4°C. PH values in the study range from 7,2 to 6,3 ppm. The values of carbon dioxide increased during transportation. The highest concentration of ammonia presented after six hours in all treatment. The best treatment of this study was non-simulated light.

Keywords : Catfish (*Clarias gariepinus*), closed system transport, water quality

Abstrak

Permintaan konsumen terhadap komoditas perikanan dalam bentuk hidup terus berkembang, terutama untuk jenis-jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, salah satunya adalah ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). Penanganan dalam sistem transportasi diperlukan untuk menjaga tingkat kelulusan hidup ikan tetap tinggi sampai tempat tujuan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh intensitas cahaya terhadap ikan yang disimulasi baik dalam keadaan diam maupun bergerak. Penelitian dilakukan dengan simulasi transportasi sistem tertutup selama enam jam dan pengukuran kualitas air setiap satu jam. Perlakuan yang digunakan adalah dengan simulasi terang, simulasi gelap, non-simulasi terang, dan non-simulasi gelap. Nilai DO turun dari 5,0175 ppm menjadi 2,3812 ppm selama 6 jam transportasi. Suhu air transportasi pada penelitian berkisar 27,8 °C - 29,4 °C. Nilai pH media air pada penelitian berkisar antara 7,2 hingga 6,3. Nilai karbondioksida mengalami peningkatan selama transportasi. Puncak kenaikan nilai CO₂ terjadi pada t₂. Konsentrasi amoniak tertinggi terdapat pada jam t₆ pada semua perlakuan. Perlakuan yang paling baik pada penelitian adalah non-simulasi cahaya.

Kata kunci : kualitas air, lele dumbo (*Clarias gariepinus*), transportasi sistem tertutup

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki wilayah perairan yang sangat luas. Wilayah perairan yang luas ini merupakan indikator bahwa Indonesia mempunyai potensi kelautan yang sangat besar, baik potensi fisik maupun potensi sumber daya. Potensi fisik, yaitu 17.508 pulau dengan garis pantai sepanjang 81.000 km, luas wilayah laut sebesar 70% dari

luas total Indonesia. Hasil potensi perikanan 6,6 juta ton /tahun, namun yang dimanfaatkan hanya sekitar 5,4 juta ton/tahun (BPS 2007).

Salah satu hasil perikanan Indonesia adalah komoditas dalam bentuk hidup. Permintaan konsumen terhadap komoditas perikanan dalam bentuk hidup semakin besar dan berkembang, terutama untuk jenis-jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi dan beberapa jenis ikan

air tawar dan ikan hias. Komoditas unggul dalam bentuk hidup salah satunya adalah ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). Produksi ikan lele pada tahun 2010 sebesar 200.000 ton/tahun dan mengalami peningkatan pada 2011 sebesar 270.000 ton/tahun, dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan (BPS 2007).

Transportasi ikan hidup adalah menempatkan ikan dalam lingkungan baru yang terbatas dan berlawanan dengan lingkungan asalnya disertai perubahan-perubahan sifat lingkungan yang sangat mendadak. Transportasi ikan hidup pada umumnya menggunakan sistem basah dengan media berupa air. Teknologi yang umum digunakan dalam sistem transportasi basah yaitu pemasangan aerator sebagai suplai oksigen. Kematian ikan pada sistem pengangkutan umumnya disebabkan oleh tingginya kadar CO₂ dan akumulasi NH₃-N sehingga meningkatkan nilai pH air (Berka 1986).

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi keberhasilan usaha transportasi. Menurunnya kualitas air menyebabkan perubahan tingkah laku dari organisme. Faktor-faktor lingkungan yang mengakibatkan perubahan tingkah laku organisme disebut rangsangan. Rangsangan yang mempengaruhi tingkah laku tersebut bisa berupa suhu, gravitasi, cahaya, dan tekanan.

Prakteknya, transportasi ikan lele dumbo dilakukan pada siang hari atau malam hari. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan transportasi ikan lele saat siang dan malam hari pada kualitas media air. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi dan penambahan cahaya. Secara fisiologi, cahaya memiliki pengaruh langsung maupun tidak langsung. Jika intensitas cahaya tidak mendekati kondisi di habitat asli, maka dapat menyebabkan kematian. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh intensitas cahaya terhadap ikan yang disimulasi baik dalam keadaan diam maupun bergerak.

MATERIAL DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan adalah aquarium, meja simulasi, 1 buah termometer, 1 unit pH meter, alat

tulis, spektrofotometer, DO meter, dan alat-alat gelas. Bahan yang digunakan adalah air akuarium dan ikan lele.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan simulasi transportasi sistem tertutup selama enam jam dan pengukuran kualitas air setiap satu jam. Perlakuan yang digunakan adalah penutup semua aquarium dari cahaya luar dengan perlakuan pertama dengan simulasi terang (penambahan cahaya), perlakuan kedua simulasi gelap (tanpa penambahan cahaya), perlakuan ketiga non-simulasi terang (tanpa menggunakan meja simulasi dan penambahan cahaya), dan perlakuan keempat non-simulasi gelap (tanpa menggunakan meja simulasi dan tanpa penambahan cahaya) penutup semua aquarium dari cahaya luar. Transportasi ikan lele pada umumnya menggunakan kendaraan roda empat, dalam skala penelitian dilakukan pembatasan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan, sehingga dalam penelitian skala laboratorium digunakan alat simulasi yang diharapkan mampu mewakili alat transportasi di lapangan. Pengamatan ini dilakukan selama enam jam dengan pengujian kualitas air selang satu jam dan pengisian air dalam 1 aquarium sebanyak 10 liter/10 ikan lele. Pengujian kualitas air meliputi pengukuran *dissolved oxygen* (DO), pH air, suhu air, pengukuran CO₂, dan pengukuran TAN (total amoniak nitrogen).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan parameter kualitas air terjadi selama proses periode transportasi (Tabel 1).

Nilai Dissolved Oxygen (DO)

Berdasarkan hasil uji Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat DO yang signifikan antara simulasi gelap (B1) dengan non simulasi gelap (B2). Sedangkan antara non-simulasi terang (A2) dengan simulasi terang (A1) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perbedaan terhadap tingkat DO air terlihat setelah diberi perlakuan simulasi dan non-simulasi. Sedangkan penambahan cahaya tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Hasil uji Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukan

Tabel 1 Data perubahan parameter kualitas air

	Waktu	pH	suhu	DO	CO2	NH3
Simulasi dengan cahaya	Jam ke-0	7,20±0,01	27,9±0,4	5,10±0,03	3,9953	0,683±0,099
	Jam ke-1	6,94±0,04	29,5±0,1	4,15±0,01	4,9941	0,613±0,003
	Jam ke-2	6,66±0,06	29,4±0,5	4,49±0,07	7,9904	0,775±0,005
	Jam ke-3	6,82±0,04	29,0±0,1	3,53±0,25	5,9928	0,738±0,001
	Jam ke-4	6,85±0,01	29,4±0,1	3,41±0,10	5,9928	0,769±0,013
	Jam ke-5	6,86±0,04	29,4±0,1	2,83±0,07	4,9941	0,794±0,020
	Jam ke-6	6,93±0,03	29,5±0,2	2,44±0,14	4,9941	0,858±0,015
Non-simulasi dengan cahaya	Jam ke-0	7,18±0,06	27,8±0,1	5,07±0,02	3,9953	0,650±0,052
	Jam ke-1	6,73±0,08	28,0±0,1	4,20±0,04	3,9953	0,626±0,049
	Jam ke-2	6,59±0,05	28,2±0,0	4,06±0,25	5,9928	0,806±0,026
	Jam ke-3	6,71±0,05	27,9±0,1	3,70±0,34	4,9941	0,729±0,050
	Jam ke-4	6,72±0,03	28,2±0,1	3,56±0,25	3,9953	0,790±0,001
	Jam ke-5	6,75±0,04	28,2±0,1	3,08±0,03	3,9953	0,806±0,008
	Jam ke-6	6,83±0,03	28,2±0,1	2,65±0,19	4,9941	0,839±0,011
Simulasi tanpa cahaya	Jam ke-0	7,25±0,01	27,9±0,4	4,91±0,13	3,9953	0,640±0,129
	Jam ke-1	6,70±0,13	28,5±0,7	4,26±0,01	5,9928	0,680±0,010
	Jam ke-2	6,63±0,06	28,9±1,0	4,26±0,01	7,9904	0,788±0,011
	Jam ke-3	6,81±0,03	27,8±1,1	3,74±0,03	5,9928	0,723±0,022
	Jam ke-4	6,84±0,04	28,4±0,6	3,31±0,10	5,9928	0,799±0,001
	Jam ke-5	6,89±0,07	28,4±0,4	2,54±0,28	3,9953	0,764±0,085
	Jam ke-6	7,02±0,15	28,2±0,1	1,58±0,28	3,9953	0,880±0,006
Non-simulasi tanpa cahaya	Jam ke-0	7,22±0,04	27,8±0,1	5,00±0,16	3,9953	0,711±0,025
	Jam ke-1	6,66±0,01	27,9±0,2	4,36±0,10	4,9941	0,649±0,018
	Jam ke-2	6,59±0,05	27,8±0,2	4,15±0,04	6,9916	0,806±0,030
	Jam ke-3	6,64±0,06	27,8±0,1	3,59±0,24	4,9941	0,713±0,023
	Jam ke-4	6,68±0,06	27,8±0,3	3,69±0,01	4,9941	0,745±0,016
	Jam ke-5	6,76±0,03	28,3±0,4	3,15±0,01	3,9953	0,785±0,006
	Jam ke-6	6,80±0,02	28,5±0,3	2,87±0,12	3,9953	0,811±0,015

bahwa terdapat perbedaan tingkat DO yang signifikan berdasarkan lama perlakuan. Nilai DO pada t_0 (sebelum perlakuan) mempunyai nilai yang paling baik yaitu 5,0175 ppm, sedangkan nilai DO yang paling kecil terdapat pada t_6 = jam ke-6 dengan nilai DO sebesar 2,3812 ppm. Semakin lama proses transportasi nilai DO semakin kecil. Penurunan kadar oksigen ini disebabkan oleh konsumsi ikan lele selama 6 jam.

Konsumsi oksigen dari ikan lele selama pengamatan adalah sebesar 0,445 ppm/jam/kg bobot ikan. Nilai DO media air cenderung mengalami penurunan, penurunan nilai DO media air dikarenakan, aktivitas ikan, penurunan difusi oksigen pada lingkungan pengamatan, dan peningkatan CO₂ dalam air (Stickney 1979).

Penurunan tingkat konsumsi oksigen ini menyebabkan kondisi tubuh ikan yang semakin lemah dan kurangnya energi sehingga aktivitasnya menjadi lambat. Adaptasi ikan terhadap penurunan oksigen menempatkan dirinya di daerah sudut, karena suhu di daerah tersebut

lebih dingin, sehingga diperkirakan bagian pojok dari wadah tersebut memiliki kadar oksigen yang lebih besar. Perbedaan kebutuhan oksigen dalam suatu lingkungan bagi ikan dari spesies tertentu disebabkan oleh adanya perbedaan struktural molekul darah yang mempengaruhi hubungan antara tekanan parsial oksigen dalam air dan derajat kejenuhan dalam sel darah. Ketersediaan oksigen bagi ikan menentukan aktivitas ikan (Barner 1963).

Suhu Media Air

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat suhu media air yang signifikan antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi gelap (B2), sedangkan antara non-simulasi terang (A2) dengan simulasi gelap (B1) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil uji Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat suhu media air yang signifikan berdasarkan lama perlakuan.

Suhu pada t_0 adalah $27,8^{\circ}\text{C}$, kemudian mengalami peningkatan menjadi $28,43^{\circ}\text{C}$ dan $28,55^{\circ}\text{C}$ pada t_1 dan t_2 berturut-turut. Setelah itu suhu kembali turun menjadi $28,08^{\circ}\text{C}$ dan $28,40^{\circ}\text{C}$ pada t_3 dan t_4 , sebelum pada akhirnya suhu mengalami kenaikan pada t_5 dan t_6 menjadi $28,56^{\circ}\text{C}$ dan $28,57^{\circ}\text{C}$. Suhu media air paling kecil terdapat pada perlakuan tanpa cahaya, hal tersebut dikarenakan pengkondisian pada malam hari. Suhu air pada malam hari umumnya berkisar antara 23°C - 27°C . Perbedaan antara suhu kamar yang sebesar 29°C , dengan media air penelitian mengakibatkan terdapat perpindahan suhu dari ikan lele ke dalam air. Hal tersebut karena sifat ikan yang *poikilothermal*, berarti suhu tubuhnya mengikuti suhu lingkungan (Boyd 1982).

Suhu air transportasi pada penelitian berkisaran $27,8^{\circ}\text{C}$ - $29,4^{\circ}\text{C}$. Kisaran suhu tersebut umum bagi ikan lele dalam sistem transportasi yang digunakan dan merupakan suhu umum air pada iklim tropis. Suhu air kurang dari 24°C dapat menyebabkan mudahnya ikan lele terserang jamur, sedangkan suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan ikan stres dan dapat mengalami gangguan pertumbuhan dan penurunan bobot (Ali 1989).

Nilai pH Media Air

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat pH media air yang signifikan antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi gelap (B2), sedangkan antara non-simulasi terang (A2) dengan simulasi gelap (B1) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil uji Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat pH yang signifikan berdasarkan lama perlakuan.

Pada t_0 atau sebelum perlakuan, nilai pH media air rata-rata bernilai 7,21 atau air tersebut mempunyai pH yang netral, kemudian mengalami penurunan pada t_1 dan t_2 (jam ke-1 dan ke-2). Penurunan pH disebabkan karena terjadinya peningkatan kadar CO_2 bebas akibat proses respirasi. CO_2 bebas, akan bereaksi dengan air membentuk asam lemah, yaitu karbonat, dimana konsentrasi ion hidrogen sangat dominan sehingga pH akan bernilai sangat kecil. Proses

ini disebabkan ikan sedang dalam masa adaptasi terhadap media air tersebut, proses adaptasi ikan akan berlangsung selama 30 sampai 150 menit (Jensen 1990). Kenaikan pH media air terjadi pada t_3 sampai dengan t_6 (jam ke-3 sampai jam ke-6).

Pengaruh penurunan pH terhadap ikan akan berpengaruh terhadap laju respirasi. Semakin padat suatu wadah transportasi maka hasil respirasi dan CO_2 bebas akan semakin meningkat, selain itu waktu transportasi, dan keasaman suatu media air juga dapat mempengaruhi nilai pH air. Transportasi ikan lele optimumnya menggunakan satu liter air untuk satu ikan. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi penurunan bobot ikan akibat stres selama transportasi. Nilai pH merupakan indikator tingkat keasaman perairan. Beberapa faktor yang mempengaruhi pH perairan diantaranya aktivitas fotosintesis, suhu, dan terdapatnya anion dan kation. Nilai pH media air pada penelitian berkisar antara 7,2 hingga 6,3 sehingga masih dalam kisaran toleransi kehidupan ikan lele yang berkisar antara 6,5 hingga 9 (Jensen 1990).

Nilai Karbondioksida (CO_2) Media Air

Hasil uji lanjut Duncan pada $\alpha=0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai karbondioksida (CO_2) media air yang signifikan antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi terang (A2). Sedangkan antara non-simulasi gelap (B2) dengan simulasi gelap (B1) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perbedaan signifikan ini dipengaruhi oleh cahaya. Sedangkan perlakuan yang tidak menggunakan cahaya, tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Hasil uji Duncan pada $\alpha=0,05$ terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai karbondioksida (CO_2) yang signifikan berdasarkan lama perlakuan.

Nilai karbondioksida mengalami fluktuatif, pada t_0 (sebelum perlakuan) nilai CO_2 sebesar 3,99 ppm. Nilai tersebut mengalami peningkatan pada t_1 dan t_2 (jam ke-1 dan ke-2) sebesar 4,99 ppm dan 7,99 ppm. Puncak kenaikan nilai CO_2 terjadi pada t_2 (jam ke-2). Nilai CO_2 mengalami penurunan kembali pada t_3 , t_4 , t_5 , dan t_6 (jam ke-3, ke-4, ke-5, dan ke-6). Hal tersebut dapat dilihat dari naiknya nilai pH yang mendekati nilai optimum.

Nilai karbondioksida mengalami peningkatan

puncak pada $t_2 =$ jam ke-2, hal tersebut berbanding terbalik dengan nilai pH pada penelitian ini. Jam ke-2 pH mengalami penurunan, hal tersebut yang menyebabkan kadar karbondioksida dalam air menjadi meningkat. Peningkatan nilai CO_2 yang semakin tinggi disebabkan oleh pengeluaran hasil dari respirasi ikan lele. Hal ini disebabkan karena ikan lele tersebut mengalami stress akibat adanya proses adaptasi lingkungan dari akuarium pemeliharaan ke akuarium percobaan sehingga menyebabkan aktivitas atau kecepatan renang juga meningkat (Jensen 1990).

Penurunan nilai karbondioksida mempunyai pengaruh langsung terhadap nilai DO media air. Jika konsumsi DO meningkat maka akan meningkatkan nilai karbondioksida juga, konsumsi oksigen dari ikan lele selama pengamatan adalah sebesar 0,445 ppm/jam/kg dan ikan lele memproduksi karbondioksida sebesar 0,890 ppm/jam/kg bobot ikan. Nilai DO media air selama pengamatan mengalami penurunan, hal tersebut berpengaruh terhadap nilai karbondioksida yang diproduksi oleh ikan lele, sehingga nilai karbondioksida menjadi stabil. Karbondioksida akan mempengaruhi keasaman air sehingga menurunkan pH air. Tingginya kandungan karbondioksida dibarengi dengan turunnya pH akan lebih berbahaya terhadap kelangsungan hidup ikan (Jensen 1990).

Nilai Amoniak (NH_3) Media Air

Berdasarkan pengolahan data menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dan uji lanjut duncan terlihat bahwa Perlakuan (P) (simulasi terang, simulasi gelap, non-simulasi terang, dan non-simulasi gelap) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai amoniak (NH_3) media air. Demikian pula dengan interaksi antara waktu dan perlakuan yang menunjukkan tidak mempunyai pengaruh signifikan terhadap nilai NH_3 media air. Berbeda halnya dengan faktor waktu (t) yang mempunyai pengaruh signifikan $\alpha < 0,05$ terhadap nilai NH_3 media air.

Nilai konsentrasi total amoniak nitrogen rata-rata meningkat seiring bertambahnya waktu. Konsentrasi amoniak tertinggi terdapat pada jam ke-6 pada semua perlakuan. Tinggi rendahnya

amonia dalam air dipengaruhi oleh suhu, nilai karbondioksida dan pH. Nilai total amoniak nitrogen dalam air dipengaruhi oleh kandungan produksi karbondioksida, peningkatan nilai karbondioksida akan membuat nilai total amoniak nitrogen meningkat juga.

Menurut Effendi (2003) bentuk kandungan NH_3 dan NH_4^+ tergantung pada konsentrasi ion hidrogen pada air. Air dengan pH rendah memiliki ion hidrogen lebih banyak sehingga bentuk NH_4^+ lebih dominan. Jika pH meningkat diatas 7,2 maka jumlah ion hidrogen akan berkurang dan mengakibatkan bentuk NH_3 lebih dominan. Peningkatan suhu air juga dapat menyebabkan meningkatnya NH_3 yang bersifat toksik sehingga dapat membahayakan ikan.

Menurut Boyd (1992), kisaran konsentrasi NH_3 yang aman untuk ikan tidak boleh lebih dari 0,04 mg/L. Kisaran nilai amonia dalam media air selama penelitian menunjukkan bahwa air telah mengalami penurunan kualitas, tetapi penurunan kualitas air ini tidak mempengaruhi kelangsungan hidup ikan selama satu pengamatan. Terdapat faktor kualitas air lain yang menyebabkan ikan tetap hidup, yaitu kelarutan oksigen dalam air masih diatas 2 mg/L.

KESIMPULAN

Penelitian ini memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan tingkat *dissolved oxygen* (DO) yang signifikan antara simulasi gelap (B1) dengan non simulasi gelap (B2). Sedangkan penambahan cahaya tidak memberikan pengaruh yang signifikan dan juga nilai DO rata-rata menurun seiring bertambahnya waktu. Untuk parameter suhu terdapat perbedaan tingkat suhu media air yang signifikan antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi gelap (B2). Perbedaan tingkat pH media air yang signifikan terjadi antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi gelap (B2), nilai pH mengalami penurunan pada t_1 dan t_2 (jam ke-1 dan ke-2). Penurunan pH disebabkan karena terjadinya peningkatan kadar CO_2 bebas akibat proses respirasi perlakuan. Perbedaan nilai karbondioksida (CO_2) media air yang signifikan terjadi antara simulasi terang (A1) dengan non simulasi terang (A2), dan juga terdapat perbedaan

nilai karbondioksida (CO₂) yang signifikan berdasarkan lama perlakuan. Konsentrasi total amoniak nitrogen rata-rata meningkat seiring bertambahnya waktu. Konsentrasi amoniak tertinggi terdapat pada jam ke-6 pada semua perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barner RD. 1963. *Invertebrata Zoologi*. W.B. Saunders Company: Philadelphia
- Berka R. 1986. *The Transport of Live Fish A Review*. Fisheries Research Institute Scientific Information Centre. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Boyd CE. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Co, New York, p: 6-50.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2007. Produksi Perikanan Budidaya Menurut Provinsi dan Subsektor. <http://www.bps.go.id/tabsub/view.php?tabel=1&daftar=1&idsubyek=56¬ab=6> [8 November 2010].
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 259 p.
- Jensen GL. 1990. *Transportation of Warmwater Fish Equipment and Guidelines*. Southern Regional Aquaculture Center Journal. SRAC Publication No 390.
- Ali AB, Izham M, Kamalden, Abas A. 1989. *Preliminary Study on Catfish (Clarias macrocephalus) Fry Transported in Plastic Bag*. *Pertanika* Vol 12 No 3 p: 335-340.
- Stickney RR. 1979. *Principles of Warmwater Aquaculture*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc. New York, p: 1-125.